

Producir

Reflexionar

Comparar

Comprender

Crear

Describir

Evaluar

Experimentar

Formular hipótesis

Interpretar

Juzgar

Observar

# DIDÁCTICA DE LAS OPERACIONES MENTALES

Colección dirigida por Lucio Guasti

Marina Galetto y Antonia Romano

## Experimentar

Aplicación del método científico  
a la construcción del conocimiento

# 5

Experimentar

# DIDÁCTICA DE LAS OPERACIONES MENTALES

Colección dirigida por Lucio Guasti  
Revisión española por Camino Cañón

Marina Galetto y Antonia Romano

## Experimental

Aplicación del método  
científico a la construcción  
del conocimiento

# 5

NARCEA, S. A. DE EDICIONES  
MADRID



### **Las autoras:**

**Marina Galetto** trabaja en los Servicios Educativos del Museo Tridentino de Ciencias Naturales, donde se ocupa de proyectos didácticos y actividades de formación para docentes. Colabora con el IPRASE del Trentino y con el Departamento de Educación de la Provincia Autónoma de Trento. Está implicada en el Plan Nacional ISS (Enseñar Ciencias Experimentales) y forma parte del grupo de investigación *Learning System*, coordinado por el profesor Lucio Guasti.

**Antonia Romano** trabaja en el IPRASE del Trentino, donde se ocupa de investigación didáctica y experimentación con actividades de laboratorio en el ámbito científico, en colaboración con la Facultad de Ciencias de la Universidad de Trento y con el Museo Tridentino de Ciencias Naturales.

## ÍNDICE

### PRESENTACIÓN, Lucio Guasti

- Estructura de la colección «Didáctica de las Operaciones Mentales»
- Estructura de cada título

## PRIMERA PARTE: MODELOS TEÓRICOS

### PRIMER CAPÍTULO

#### Experimentar en la escuela del tercer milenio

- Los referentes epistemológicos
- Breve resumen histórico acerca del método científico
- Referencias introductorias a la didáctica de la experimentación
- El modelo, la organización y la evaluación del trabajo científico en el aula
- La construcción de redes
- Hacia un nuevo perfil de docente

## SEGUNDA PARTE: MODELOS OPERATIVOS // APLICACIONES PRÁCTICAS

### SEGUNDO CAPÍTULO

#### Algunas consideraciones antes de desarrollar las aplicaciones prácticas

### TERCER CAPÍTULO

#### Los glaciares. Factores modeladores del territorio e importantes indicadores de las variaciones ambientales

- Premisa
- Descripción y fases de trabajo
  - Fase 1: Activar la motivación
  - Fase 2: Constatar cuáles son los conocimientos disciplinares y las representaciones mentales

- Fase 3: Construcción de saberes de base en torno a uno de los ejes que sustenta el proyecto. El estudio de las rocas
- Fase 4: El entorno como un laboratorio al aire libre. Geología y geomorfología
- Fase 5: Construcción de conocimientos disciplinares específicos. El hielo y los glaciares
- Fase 6: Encuentro con un testimonio científico. El glaciólogo
- Fase 7: El entorno como un laboratorio al aire libre. El glaciar
- Fase 8: Juegos de rol
- Fase 9: Constatar los cambios producidos en los conocimientos disciplinares, representaciones mentales y comportamientos

## CUARTO CAPÍTULO

### Geoméricamente

- Premisa
- Descripción y fases de trabajo
  - Fase 1: Observemos los objetos que nos rodean
  - Fase 2: Construyamos
  - Fase 3: Comparemos
  - Fase 4: Vivamos una experiencia
  - Fase 5: Experimentemos y formalicemos
- Consideraciones metodológicas

## QUINTO CAPÍTULO

### Arte prehistórico. Un ejemplo de arqueología imitativa: Las pinturas rupestres de Riparo Dalmeri

- Premisa
- Descripción y fases de trabajo

– Fase 1: Activar la motivación

– Fase 2: Constatar cuáles son los conocimientos disciplinares y las representaciones mentales

– Fase 3: Construir saberes de base que constituyen los ejes sobre los que se sustenta el proyecto. Prehistoria, paleolítico, ambiente del pasado

– Fase 4: Encuentro con un testimonio científico. El arqueólogo

– Fase 5: Juego didáctico

– Fase 6: Juego de simulación

– Fase 7: Laboratorio

• Ejemplo de realización de este Proyecto en un Bachillerato Artístico Fases de trabajo

– Fase preparatoria

– Fase 1: Construcción de los conceptos clave sobre los que se sustenta el proyecto. Prehistoria, paleolítico, ambiente del pasado, investigaciones arqueológicas

– Fase 2: Encuentro con un testimonio científico. El arqueólogo

– Fase 3: Laboratorio

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA COMENTADA



## Presentación de la Colección «Didáctica de las Operaciones Mentales»

En uno de los textos de Alexander Koyré, *Entretiens sur Descartes*<sup>1</sup>, encontramos una expresión muy interesante que podría considerarse como un *testimonio* del pensamiento de Descartes: «Los mismos métodos; es decir, los mismos procesos de la mente». La referencia va dirigida, en particular, a las matemáticas y a la búsqueda de su unidad, pero también a la misma búsqueda en las ciencias. Dicha afirmación resulta interesante porque el autor concreta, inmediatamente después, añadiendo: «lo importante no son los objetos —números o líneas—, sino los procesos, las acciones, las operaciones de la mente. Es la mente quien relaciona entre ellos tales objetos y establece —o bien halla— las relaciones entre ellos, los compara el uno con el otro, los mide uno a través del otro y de este modo los ordena mediante series».

No se puede negar que Descartes fue un apasionado de las matemáticas y tuvo una visión matemática del mundo —quien piense, hoy en día, que la posmodernidad haya terminado con esta visión del mundo sostenida desde el siglo XVI, creo que comete un grave error— y, al mismo tiempo, fue un apasionado de la mente y de sus operaciones. El problema planteado por Descartes resta intacto aún hoy, sobre todo en relación al tema que nos ocupa, que es el del aprendizaje. Sin querer entrar en la menor o mayor adhesión a la filosofía cartesiana, es todavía innegable el hecho de que la conexión entre formas operatorias de la mente, método de aprendizaje o de investigación y contenido específico —en este caso las matemáticas— están aún en el centro del debate y son, en particular, el centro de nuestra atención.

Nuestro interés se centra sobre todo en el aprendizaje y sus modalidades de construcción. Es difícil, actualmente, hacer un listado completo de todas las obras que han tomado en consideración la estructura y la dinámica del aprendizaje con la esperanza de lograr encontrar «la piedra filosofal» del conocimiento y del desarrollo. Porque el aprendizaje, actualmente, no se dirige solamente o no trata de ser útil únicamente para la teoría del conocimiento, sino también, y sobre todo, para la teoría del desarrollo. Esto no es en absoluto insignificante y no está privado de sus consecuencias.

La literatura pedagógica —y no sólo ésta—, ha subrayado siempre la relación que existe entre el desarrollo de la persona y la teoría del conocimiento, sosteniendo que la dinámica del conocimiento es la base del desarrollo. Esto es como decir que uno puede desarrollarse en un grado mayor o menor en relación a cuanto logre conocer. La historia está llena de estas líneas de reflexión y está también llena de episodios y de didáctica en correlación con dicho argumento. En general, se escoge o se escogía a un pensador —como mucho, un filósofo— que tuviera alguna teoría del conocimiento y, tomándola como base, se asentaba sobre ella toda la organización del aprendizaje o de la educación. Todo dependía del conocimiento y de su teoría, no de su potencialidad operativa. Especialmente en Italia, la diferencia atañía a las grandes corrientes de pensamiento: positivismo e idealismo, con alguna interferencia del realismo, aunque muy contenida y

de todos modos patrimonio de unos pocos expertos. Cuando se comenzó a entender que el objeto del «aprendizaje» parecía ser más articulado y móvil de lo que reflejaba una teoría del conocimiento prefijada, se comenzó también a considerar el aprendizaje como un objeto particular de estudio, sin duda emparentado con el conocimiento y con su eventual asunción en una teoría específica, pero relacionado, de una manera más amplia, con el desarrollo global del sujeto —que es como decir que el aprendizaje del sujeto no coincide completamente con una modalidad específica del proceso de conocer—. En la base de su estar en el mundo, las personas tienen un deseo de conocer, pero dicho deseo no es el único motor de su desarrollo.

De acuerdo con este planteamiento, que, de igual modo, sitúa a la mente en el centro de nuestra hipótesis, hemos tratado de concentrar la atención en sus operaciones, al menos en aquellas que la literatura psicológica y filosófica actualmente señala como presentes y prioritarias. Estas son algunas operaciones mentales que se emplean y a las que se hace referencia constantemente dentro de las estrategias formativas, dando a entender, sin duda, que sin su presencia o maduración completa, las cuestiones fundamentales del desarrollo no podrían darse correctamente.

¿Tales operaciones son métodos también? Ciertamente, es difícil pensar que el método no esté caracterizado por una serie de operaciones mentales; dado que éstas son su componente estructural. Las operaciones mentales como tales resultan esenciales, pero no constituyen, por sí mismas, un método. El método debe ser considerado como una construcción intencional de un recorrido dirigido a un objetivo que está implícito en su misma construcción. El debate sobre el método tiene, inequívocamente, tanta historia como la cultura o la filosofía.

*Lo que nos interesa en este momento, sin embargo, es el vínculo que se establece entre la mente y sus operaciones, así como entre el método y sus conexiones y elecciones.*

Tanto las operaciones mentales como el método pueden convertirse en objeto de estudio específico, respectivamente. La intersección que se da entre los dos objetos parece evidente, pero va siempre acompañada de un tercer elemento que en el aprendizaje —y por lo tanto, en el estudio didáctico—, es esencial: el contenido. *La operación mental sin contenido no es verificable; el método sin contenido no es practicable.* Para el aprendizaje, por lo tanto, se configura una estructura que se caracteriza siempre por tres elementos: *operaciones mentales, método y contenido.*

En este punto puede resultar útil una breve reflexión sobre el contexto que caracteriza el trabajo que esta Colección propone y que algunas corrientes de pensamiento hoy en día subrayan como ulterior elemento estructural para entender los procesos y para su evolución positiva. Puede ser por lo tanto muy interesante una consideración sobre el ambiente cultural en el que se inserta la perspectiva de nuestro trabajo.

## La situación cultural

Entre escuela y sociedad ha habido, a lo largo del tiempo, un cierto diálogo, pero no propiamente una verdadera —y sobre todo convencida e intencional— dialéctica. La investigación sociológica ha constatado que la escuela se ha presentado siempre, dentro del amplio cuadro social, como un sistema dependiente. En sustancia, ésta ha estado siempre a remolque de la dinámica cultural de la sociedad. Hoy se podría añadir incluso que es sobre todo dependiente de la cultura y de la productividad del sistema económico. No ha sido nunca fácil desmentir este análisis, aunque la cultura escolar ha tratado de encontrar, en particular en la última parte del siglo pasado, algunos caminos que condujeran al sistema-escuela hacia una mayor autonomía y, por lo tanto, hacia una mayor independencia.

Las consideraciones de la sociología se dirigen, naturalmente, a todo el sistema internacional, aunque pueden ser aplicadas, más concretamente, al sistema español. El despertar de la escuela hacia una forma de autonomía propia comenzó a plantearse a finales de los setenta del siglo pasado, y alcanzó su primera afirmación a principios de los ochenta, tras un fatigoso debate social sobre el rol del sistema formativo en una sociedad que se estaba actualizando rápidamente y transformando hacia un sistema liberal más en consonancia con las nuevas líneas democráticas expresadas por la Constitución Española<sup>2</sup>.

La orientación que tendía a valorar la autonomía de la escuela se concretó en la dirección de confiar a los centros educativos una capacidad administrativa y de gobierno más consistente, unida a una mayor autonomía didáctica. Tras algunos decenios, se ha constatado que dicha línea de tendencia presentaba y presenta aún muchos problemas, porque el crecimiento de las acciones administrativas no se corresponde con el hecho de atender a una auténtica autonomía en la toma de decisiones respecto a los contenidos fundamentales del currículo y de su organización.

La solución a las restricciones de la autonomía aparente se puede encontrar orientándonos hacia una concepción sistémica de la realidad social capaz de valorar la totalidad de los elementos antes que su singularidad. Esta solución requiere que sea, en primera instancia, el sistema mismo el que tenga una autonomía capaz después de medirse con los demás grandes sistemas: económico, político o informativo, por citar tan sólo aquellos más fuertes y afirmados en este momento histórico concreto. En esta autonomía, abierta e interrelacionada, se colocan los valores y los límites de la autonomía de las instituciones escolares y de las reglas de las que estos mismos se dotan.

La primera orientación, administrativo-organizativa, es aquella que se ejecuta a través del intento, por parte de los grupos de presión internos y externos al sistema, de volverlo más eficiente y eficaz. La segunda orientación, sistémica, se presenta con un diseño teórico propio y consolidado, pero debe ser estudiada en sus modelos operativos; y esto último

representa el objetivo del futuro.

El impulso hacia el cambio en la dirección de la autonomía está apenas iniciada, aunque ya haya atravesado más de treinta años de historia democrática. Los años que han transcurrido parecen muchos, pero para modificar de un modo consistente un sistema institucional tan amplio y complejo como el de la escuela hace falta tiempo y, sobre todo hoy en día, hace falta un cambio de estrategia.

La primera acción de dicha estrategia se dirige a la creación de un fuerte desarrollo de las energías que están presentes en la misma escuela, comenzando allí donde se debe realizar, concretamente, el ejercicio del aprendizaje. Dichos ejercicios de aprendizaje son visibles en la didáctica, es decir: en el momento en el que la aprehensión del sujeto se ejercita en la concreción de una acción.

Las estrategias de cambio han tomado siempre cuerpo en un nivel político con el objetivo de modificar algunos órdenes institucionales y organizativos con el fin de mejorar las prestaciones finales de la enseñanza y del aprendizaje mismo. La línea que se considera útil proponer para los próximos años es exactamente la opuesta, sin negar la oportunidad y la necesidad de alguna que otra intervención organizativa e incluso institucional. Pero dichas intervenciones no representan la prioridad y no garantizan un resultado final del sistema que sea positivo. El cambio de dirección se vuelve, de todos modos, esencial, y las inversiones de ideas y de recursos deben ser conducidas hacia la revalorización del aprendizaje. La mayor parte de la inversión estratégica debe volcarse en el aprendizaje.

La segunda acción atañe a la didáctica. Aunque en este caso se haga necesario modificar la óptica con la que se contempla la didáctica. Generalmente, una innovación lleva consigo también orientaciones y propuestas más o menos vinculantes respecto al diseño de organización del currículo, creando no pocos problemas, sea de comprensión o de acciones consiguientes, a quienes operan el cambio: los y las docentes. Frente a cada innovación que se origine en el sistema político y que requiera una modificación de la enseñanza y de sus reglas, el sistema didáctico, regido por la relación enseñanza-aprendizaje, se colapsa y busca, o más simplemente, espera, que alguien logre resolver el problema con claridad. Lo que sucedió con la última reforma<sup>3</sup> es el ejemplo más evidente de esta tesis: el *impasse* de la escuela ha sido considerable.

Para evitar este efecto de causado por las reformas es necesario invertir la perspectiva y hacer que el sistema político no invada el campo de la didáctica. La didáctica debe estar completamente reservada al sistema de la escuela —hoy en día, denominado «sistema formativo»—, confiándole sólo a él la responsabilidad. Dado el desarrollo de la cultura didáctica de estos últimos decenios, a estas alturas se debe considerar que ninguna ley está capacitada para definir los confines del aprendizaje mediante una norma y que sólo la didáctica, en su autonomía, puede garantizar la calidad del proceso y la calidad del resultado.

Responsabilizar a la didáctica, liberalizando el sistema y poniéndolo en la situación de poder elegir según unas reglas que el sistema formativo puede generar por sí mismo en su autonomía: ésta podría ser la nueva elección. Dicha línea tendría todos los puntos para presentarse como realmente innovadora y cualificar al sistema formativo mismo para asumir su responsabilidad hacia la sociedad y sus diversos sistemas: políticos, económicos y culturales.

En este diseño —o incluso más allá de este diseño, en el caso de que no sea aceptado— se hace, de todos modos, cada vez más evidente, que debe replantearse la relación entre innovación y didáctica para asignarle un punto estable y, al mismo tiempo, duradero, al aprendizaje. El sistema formativo no puede desestructurarse continuamente por leyes que contienen indicaciones didácticas que hay que interpretar sobre la base de una supuesta novedad absoluta que promete, finalmente, hacer que el sistema mismo halle la solución definitiva.

Este idealismo permanente de nuestros sistemas educativos no se adecua a la lógica del nuevo parámetro que se pretende asignar al sistema formativo: el aprendizaje. Desde este punto de vista es preciso volver a empezar para encontrar una solución adecuada al cambio de nuestra sociedad, pero, sobre todo, a la realidad de las mentes que entran en dicho sistema y que son, por definición, siempre nuevas. La realidad de un sistema formativo cuya base se funda en el desarrollo del aprendizaje es distinta —si bien, ciertamente, no opuesta— a la opción curricular que se sostiene, estrictamente, en el contenido. Éstas son convicciones que, a estas alturas, circulan desde hace años en todos los manuales y ensayos de teoría y práctica de la didáctica, pero que no logran aún traducirse en acciones adecuadas.

La permanencia a la que hoy en día es necesario referirse es, precisamente, la del aprendizaje, que sigue siendo central y está más allá de las normas legislativas, a menudo transitorias y ligadas a la sugestión cultural del momento. Fijar un punto que sea conceptualmente claro y que esté más allá de las directrices psicológicas o filosóficas del momento, se vuelve esencial; sobre todo de cara a la estabilidad y la continuidad del sistema formativo. La permanencia de un dato veraz sobre el que poder construir unas didácticas que se adecúen al alumnado y a diferentes situaciones, es un punto de cualificación del sistema. De este modo, el sistema es capaz de tener un propio *know how* que puede constituir, con el tiempo, un patrimonio a disposición de las competencias que hay que adquirir y de la cultura colectiva de la sociedad, en la que ejercita una multiplicidad de investigaciones y de reflexiones.

Lo que actualmente es preciso evitar es que sea el sistema político el que determine qué modelo debe ser aplicado al aprendizaje para que éste se pueda verificar. La visión, entonces, se modifica, asignando al sistema formativo la tarea de localizar los modelos o la pluralidad de modelos que puedan ser adecuados para las situaciones y para la especificidad histórica del aprendizaje.

La psicología y la filosofía han ayudado a reafirmar la idea de la centralidad del aprendizaje con la propuesta de modelos, a menudo diferentes, presentados como construcciones formales, con el objeto de hacer efectivamente eficaz dicho aprendizaje. La didáctica, con toda su historia, parece haberse quedado fuera del debate y de la búsqueda cultural, pero no es así, aunque lo parezca. A pesar de todo, la reflexión propia de la didáctica a partir de la realidad de la escuela sigue viva y ha abierto, finalmente, una profunda reflexión sobre la manera en la que debe procederse para mejorar las actividades de aprendizaje.

La literatura internacional es muy vasta en esta materia, y representa un esfuerzo colectivo mucho más importante y más amplio que el relativo a la suma de las producciones de cada país.

En este momento se hace necesario un esfuerzo de comparación y de integración capaz de superar las fronteras de una cultura concreta para recurrir a *una nueva visión del currículo* que no esté restringida a ámbitos demasiado limitados, sino *proyectada hacia la centralidad del alumnado y de su aprendizaje*.

La reflexión sobre este punto está aumentando, y alrededor del aprendizaje se están ejercitando didácticas y escuelas psicológicas y filosóficas de las que se pueden inferir indicaciones que podrían traducirse en un entendimiento general que concrete la idea de aprendizaje en ciertas acciones de pensamiento que sean esenciales para todo el mundo.

Esta podría ser una primera aproximación en torno a la cual construir unos itinerarios de estudio, que tengan como finalidad el aumento de la capacidad de comprensión de los comportamientos humanos y acrecentar la producción de metodologías adecuadas para desarrollar las capacidades específicas de aprendizaje o lo que actualmente denominamos competencias básicas. Evidentemente, en el diseño de la didáctica no hay ni un solo punto dedicado a desarrollar la calidad de los aprendizajes, aunque hay algunos elementos de este desarrollo sobre los que se puede, aun así, estar de acuerdo. Dichos puntos irían más allá de las modas contingentes y serían capaces de representar una invariante del sistema formativo. Se debe así poder afirmar que, sin estos elementos, ningún sistema formativo puede declararse tal.

En la historia de nuestra escuela ha circulado mucho una expresión, que durante mucho tiempo ha sintetizado la intención del currículo de alcanzar una alta finalidad que se adecue a las nuevas generaciones, el «*pensamiento crítico*». En torno a esta expresión cultural, desde los años setenta hasta nuestros días, se ha dado una sustancial convergencia, ya que podía traducir bien aquello que hoy queremos alcanzar a través del desarrollo del aprendizaje.

El «pensamiento crítico» es una expresión sintética que para ser desarrollada de un modo adecuado debe comprender una serie esencial de operaciones intermedias y, por lo tanto,

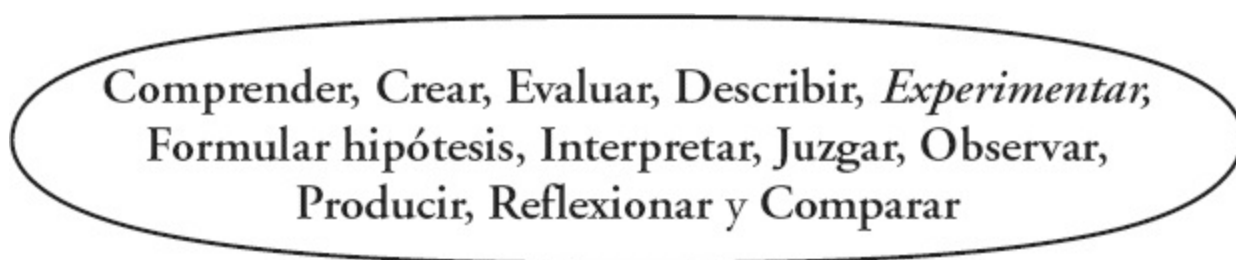
de acciones dirigidas al desarrollo de aspectos concretos, que finalmente conducen a la formación del pensamiento crítico. Hoy en día se podría incluso sustituir el concepto de pensamiento crítico por el de «*consciencia crítica*», que quizás se acerca más a la sensibilidad y, sobre todo, a las exigencias de futuro que debe acentuar la formación bajo el aspecto de la responsabilidad personal y social del sujeto.

Sobre este tema se puede abrir una doble reflexión, por un lado, hacia el aspecto racional y por otro, hacia el aspecto ético; ambas orientaciones son importantes y además no contradictorias.

### **Estructura de la Colección «Didáctica de las Operaciones Mentales»**

La didáctica se pregunta cómo se forma el pensamiento o la consciencia crítica. Podemos responder a esta cuestión con una posición articulada, que comprenda diversas estrategias de acción y una compleja activación de *operaciones mentales* que deben ser desarrolladas. El modo en que se desarrollen depende precisamente del tiempo, del contenido y de las acciones que se inicien. Incluso la elección de las operaciones mentales que deben desarrollarse depende de una atenta consideración de todo lo que es necesario para acercarse a una consciencia crítica.

Se pueden de este modo formular algunas hipótesis extraídas de la literatura que la escuela deberá verificar, pero de las que parece difícil que un sistema formativo pueda prescindir. Tratemos de identificar este núcleo central de operaciones mentales:



Dicho núcleo central de operaciones —no necesariamente completo, pero esto es menos relevante para nuestra propuesta— parece ofrecer un cuadro suficientemente amplio y esencial de las cualidades que podrían constituir el esqueleto principal de la *consciencia crítica* como resultado del proyecto formativo.

Cada una de estas operaciones está ciertamente constituida por una serie de acciones intermedias que dependen del contenido o del objetivo que el aprendizaje pretende realizar. Del mismo modo, éstas se presentan como interdependientes y se estructuran de tal modo que están presentes en diferentes campos del saber y de las acciones relativas al aprendizaje.

Naturalmente, dichas operaciones mentales deberán encontrarse con los diferentes

contenidos del saber y esto abre un campo de reflexión muy importante, tanto sobre la selección de contenidos como sobre su importancia en relación a los fines de la calidad y del desarrollo de cada una de las operaciones mentales. Esta orientación puede ser vista también como un criterio para la reorganización del currículo. El sistema formativo se puede encontrar, así, frente a un nuevo campo de experimentación y de reflexión que requiere la implicación de todos los actores del aprendizaje, tanto del alumnado como de los y las docentes.

### **Estructura de cada título de la Colección**

Cada volumen de la presente colección trata una de las operaciones mentales antes citadas, y cada tema, a su vez, está subdividido en dos partes: una primera teórica y una segunda con aplicaciones prácticas, a las que se le añade una bibliografía comentada.

La primera parte está constituida por una referencia teórica al término y a su situación en el ámbito de la cultura contemporánea, no sólo *psicológica*, sino también *filosófica* y *literaria*. Hemos intentado que ninguna operación quede encerrada dentro de un solo lenguaje de referencia.

La segunda constituye la expresión didáctica de la operación, es decir, una aplicación práctica de la operación mental estudiada, y se ofrece dentro de los dos niveles formativos, el de la educación primaria y el de la secundaria, con al menos tres ejemplos adecuados a cada nivel. Los ejemplos pueden ser extraídos de la experiencia docente del autor o autora, o bien contruidos de un modo totalmente nuevo respecto a las disciplinas tratadas; los ejemplos que se recogen aquí pueden también concernir a dos o tres materias de estudio, tal y como la escuela o centro las configura, o a tres temas diferentes dentro de una óptica interdisciplinar. Los ejemplos se han pensado situándose en el lugar del alumnado, y por tanto tratando de poner en evidencia las operaciones mentales necesarias.

Si consideramos la premisa cultural antes mencionada que justifica toda la colección es preciso evidenciar que se ha escogido una aproximación al tema del aprendizaje que parte de las operaciones mentales. Con esta elección en absoluto se quiere relegar a un segundo plano el método, el contenido o el contexto: simplemente se pretende subrayar uno de los aspectos para remarcar que es bueno también contemplar el aprendizaje desde otro punto de vista.

La didáctica, tradicionalmente, ha asentado su trayectoria partiendo del contenido. Actualmente aún es así, y será difícil modificar sustancialmente dicha opción cultural por una serie de consideraciones que no pretendo abordar ahora. Considero, aun así, indispensable tratar de ver el problema del aprendizaje que se lleva a cabo en la mente de cada persona con la óptica de la mente misma, que debe centrarse en las operaciones fundamentales de las que dispone y que deben ser ejercidas, potenciadas y, en fin,



objetivadas. Dicho de otro modo: contemplar la realidad partiendo de algunas operaciones de la mente para ver cómo éstas entran en el objeto y cómo pueden ser capaces de manifestar una connotación particular de éste.

Esta modalidad es también una forma de control y de evaluación del desarrollo de las capacidades del sujeto. *Tener bien presentes todas las operaciones mentales que éste debe completar cuando aprende, con el fin de desarrollar todas sus dimensiones*, es sinónimo también de tener siempre presente el diseño global ante el que es necesario responder. En la formación existen sin duda aspectos huidizos que no son completamente objetivables, pero esto no significa que no se deba considerar todo aquello que en cambio sí es cognoscible y objetivable.

La aproximación a través de los contenidos permite seleccionarlos y distinguirlos claramente entre sí. De este modo: las matemáticas son las matemáticas, la lengua es la lengua, etc. Cada objeto tiene su especificidad y una exposición propias. Pero la experiencia —aunque también el análisis cultural— dice que esto es verdad sólo parcialmente. Entre los contenidos existe una red de conexiones que es menos evidente en algunas áreas, y mucho más evidente en otras. En cada caso, la mente del sujeto necesita encontrar siempre conexiones y relaciones entre las partes para llegar, en la medida de lo posible, a aquello que define la unidad o la síntesis. En caso contrario, la mente estaría constantemente expuesta a la fragmentación de los conocimientos e incluso a la cohabitación con operaciones mentales que trabajan sin saber conscientemente si logran alcanzar o no una visión que sea unificadora para el sujeto.

El acercamiento a través de las operaciones mentales se halla en una posición análoga. Por una parte, se presenta por áreas: cada operación mental parece tener una connotación propia que la distingue de las demás; por otra parte tiene la misma exigencia de unificación. El principio de separación entre las partes no puede ser aplicado a la mente, como tampoco puede ser aplicado al contenido. La separación es un criterio de selección sólo en función de un objetivo o de un fin que alcanzar.

En la presentación de cada uno de los volúmenes o títulos que forman la Colección y que coinciden con cada una de las operaciones mentales antes mencionadas, prevalece por lo tanto el criterio de la asunción de un punto de vista en particular, pero no de la separación de las partes y, sobre todo, de las operaciones mentales. Habrá elementos que aparezcan en varios títulos a la vez porque muchos factores requieren la misma operación mental, aunque en contextos distintos. El contexto determina también el contenido. Se trata, por lo tanto, de prestar una particular atención a la relación entre el uso del término referido y aquella determinada operación mental, así como el contenido con el que y en el que ésta actúa. La misma operación, inserta en campos de contenido diferentes, produce efectos semánticos diversos. Éste es el desafío y es también el «juego», que a su vez está presente como operación mental en diversas áreas, incluyendo las matemáticas.

Esta Colección se basa en la convicción de que para la didáctica y para la profesionalidad docente se hace ya indispensable trabajar poniendo mayor atención en las operaciones mentales; pero lo que sobre todo resulta indispensable para la escuela es comenzar a disponer de un «sistema de aprendizajes» como objeto específico de estudio y de reflexión.

**Lucio Guasti**

Director de la Colección

*Facultad de Ciencias de la Formación*

*Universidad Católica de Piacenza*

<sup>1</sup> 1944, New York, Brentano's, p. 62.

<sup>2</sup> Hemos adaptado a la realidad española los contenidos referidos al contexto italiano [N. Trad.].

<sup>3</sup> El sistema educativo español se halla en constante reforma desde hace veinticinco años (LOECE primero, luego LODE, LOGSE, LOPEG, LOCE y actualmente la LOE — publicada ésta última en el BOE el 4 de mayo del 2006—) [N. Trad.].

PRIMERA PARTE

Modelos  
teóricos



## PRIMER CAPÍTULO

Experimentar en la escuela del tercer milenio

### Los referentes epistemológicos

#### *Premisa*

¡Quién sabe cuándo apareció la curiosidad en la Tierra y en qué ser vivo se manifestó por primera vez! Así se lo cuestiona Eirik Newth (1998) en su *Breve historia de la ciencia*, simpático y, a la vez, siempre riguroso texto dedicado a niños y adolescentes.

Seguramente debió aparecer en seguida, dado que se trata de una característica muy útil: un animal curioso explora el ambiente circundante y tiene mayores posibilidades de encontrar un refugio más seguro y terrenos de caza más ricos. A la vez puede ser peligroso, ¡pero las ventajas compensan las desventajas!

Hay una diferencia importante entre la curiosidad de los otros animales y la del hombre: a diferencia de los otros animales, la curiosidad humana lleva a unir las varias piezas del conocimiento para tratar de construir un cuadro completo. La curiosidad humana lleva a plantearse preguntas y a buscar conexiones entre las piezas del conocimiento para entender porqué ocurre una determinada cosa. Algunas son sencillas de explicar: los hombres primitivos no tenían dificultad para entender que si no hay nubes no llueve y que cuando las jornadas se alargan está llegando una estación cálida.

La curiosidad lleva también a experimentar sobre la propia persona (comestibilidad de hierbas o frutos), sobre los demás o sobre objetos. Curiosidad y experimentación parecen haber sido los estímulos primordiales en la base de la ciencia.

La naturaleza es también rica en fenómenos difíciles de explicar, que desde siempre han representado misterios insondables a los que la ciencia ha tratado de dar respuesta.

Como señala Charles Singer (1961), la ciencia no es un cuerpo estático de conocimientos, sino un proceso en acción que puede seguirse a través de las diversas épocas. Ya en el neolítico, las exigencias de la agricultura condujeron a una suma de conocimientos y a procedimientos de generalizaciones que, a su nivel, eran claramente científicos. Los egipcios, a causa de las inundaciones del Nilo, que estacionalmente borran los límites de los campos agrícolas, se vieron obligados a realizar anualmente nuevas mediciones de sus parcelas, favoreciendo el nacimiento de la «geo-metría».

Pero fue en la antigua Grecia cuando nació por primera vez la ciencia y se desarrolló la coherencia mental científica, de hecho, la filosofía se fundó en la ciencia de la naturaleza, pasando por alto la ética e ignorando la religión popular, dando inicio a la mentalidad sistemática.

## Breve resumen histórico acerca del método científico

“Quien ya no es capaz de sentir ni estupor ni sorpresa está, por así decirlo, muerto; su mirada se ha apagado”.

*Albert Einstein*

En las páginas que siguen se evidencian algunas de las etapas que, a través del desarrollo del método científico, han conducido al pensamiento humano hacia la actual concepción del método experimental. No aparecen todos los nombres de aquellos que han realizado una contribución importante a la evolución de la ciencia, no se trata por tanto de un capítulo de historia del pensamiento científico, sino solo de un intento por encontrar el hilo conductor que a lo largo de los siglos ha llevado hasta la idea de ciencia. Una ciencia que no puede considerarse dogmática: de hecho siempre son posibles las hipótesis alternativas, que pueden ponerse a prueba a través de experimentos que pueden confirmar o contradecir una hipótesis.

El descubrimiento científico no es una caza del tesoro, sino una búsqueda de respuestas a problemas que nos planteamos. Se avala con procedimientos que se basan en observaciones, hipótesis, experimentos y teorías. Las etapas recorridas en el largo camino de la historia para llegar a elaborar teorías capaces de explicar fenómenos de manera coherente, representan la evolución del conocimiento que está desde siempre ligado a la experiencia, aunque el experimento ha cumplido diferentes objetivos en cada época.

Es importante entender que el método de los filósofos naturalistas primero y de los científicos después, ha evolucionado, transformándose en el tiempo hasta alcanzar nuestros días.

El camino parte de muy atrás: en Grecia, ya Tales de Mileto (ca. 640/624-ca. 548 a. C.), considerado el primer «científico», a través de la observación sistemática de la naturaleza, llega a prever un eclipse solar en Mileto. Aconseja, además, a los marineros que usen la constelación de la Osa Menor, siempre situada en el norte, para orientarse cuando se encuentran en mar abierto, como una especie de brújula celeste. También observando la naturaleza logra prever por anticipado una buena recogida de aceitunas y monopoliza los olivos, con lo que se hace rico.

Aristóteles (384-322 a. C.) aporta una contribución fundamental, sistematizando la ciencia hasta entonces conocida e identificando el silogismo como el principio fundamental para determinar la verdad.

La actividad científica se incorpora a la filosofía, porque trata de adaptar sus observaciones y las leyes que deduce de ellas a un esquema general del universo. La ciencia es un modo de considerar el mundo, más que una manera de actuar en él y sobre

él.

Los discípulos de Hipócrates (ca. 430 a. C.) rechazan toda intervención mágica o divina y van a la búsqueda de las causas naturales. Se asiste así a la introducción de la racionalidad en el campo médico tradicional. El médico establece el diagnóstico y, sobre esa base, propone una cura, desarrolla una medicación. El agente farmacológico no aplasta ya a los demonios, sino que se enfrenta a las causas materiales. El médico pasa de ser un demiurgo a ser un filósofo racionalista y un científico.

En época helenística, el tercer siglo a. C. supone uno de los periodos más brillantes de la ciencia griega, que alcanza la excelencia con Euclides (ca. 330-ca. 260 a. C.), Aristarco (ca. 310-ca. 230 a. C.) y Erastoteno (ca. 276-194 a. C.).

El pensamiento alejandrino (del 300 a. C. al 200 d. C.) se comienzan a desarrollar, en sectores separados, la ciencia, la ética y la religión: la era del gran pensamiento sistemático se cierra y tiene inicio la era de las especializaciones. La ciencia comienza a alejarse progresivamente de la filosofía, desarrollando su peculiar método de limitación gradual de los objetivos. El pensamiento alejandrino concluye con el declive del conocimiento científico.

La edad de oro de la ciencia griega debe ceder su lugar al pragmatismo romano: el imperio romano se expande y, aunque la lengua griega permanezca como lengua y cultura, los romanos miran con sospecha al intelectual griego, despreciando la abstracta especulación científica de los griegos. La astronomía griega para ellos solo será útil porque les proporciona un calendario.

En el mundo romano, sobre todo en la Roma imperial (50 a. C.-400 d. C.) la ciencia está principalmente al servicio de la práctica. Las direcciones del pensamiento que prevalecen durante el imperio, el estoicismo y el epicureísmo, son indiferentes a la ciencia, que va declinando cada vez más. Todo el interés se dirige hacia la ética, mientras la inspiración científica es como si se desvaneciera en la nada.

En el Medioevo prosigue el declive de la ciencia, pero se registra, entre el 900 y el 1200, un gran despertar de la actividad intelectual en el mundo islámico.

Las culturas orientales viven, de hecho, un desarrollo intelectual mucho más avanzado que en Europa occidental. Bisancio preserva la lengua y la ciencia griegas. Aristóteles, Galeno, Euclides y Ptolomeo no son olvidados.

El Islam se expande y el árabe se convierte en el mayor vehículo de ciencia, cultura y literatura. Bagdad es la ciudad intelectualmente más lozana del mundo y en el imperio islámico surgen otros centros menores de cultura. La ciencia árabe se enriquece con la contribución de diversos pueblos, importando también conocimientos matemáticos y

astronómicos de la India. Es evidente la superioridad de la cultura islámica en la ciencia, en la filosofía y en la tecnología y, aunque la Cristiandad y el Islam estén en contacto bélico durante los siglos de las cruzadas, la cultura europea saca poca ventaja de ello.

En el siglo XII comienza la traducción del patrimonio cultural islámico, del que los cristianos se apoderan tras la expulsión de la armada musulmana en el siglo VIII.

Las obras árabes llegan a la Europa latina, son traducidas y, aunque modifican poco la interpretación del mundo externo, contribuyen a dar una forma racional a la doctrina que concierne al mundo material (alquimia, medicina, matemáticas y astronomía, física).

En la época medieval, en Europa, se registra aun así una renovada curiosidad por la naturaleza, que se desarrolla en el interior de la Iglesia, en los conventos, en los monasterios donde se puede estudiar, recibir instrucción y donde está la mayor parte de las bibliotecas.

Una figura interesante del periodo es Roger Bacon (ca. 1214-1294), fraile franciscano inglés, uno de los máximos conocedores de la filosofía de Aristóteles en Europa, considerado uno de los padres del empirismo e iniciador de un acercamiento experimental al estudio de lo real. Él propugna el desarrollo del espíritu de investigación, comprendiendo que sin la observación experimental y las matemáticas, la filosofía de la naturaleza se pierde en palabras carentes de significado.

Según Roger Bacon, los hombres, para conocer verdaderamente la naturaleza no deben solo estudiarla, observarla planteándose preguntas y tratando de dar respuestas, sino que deben adquirir nuevos conocimientos llevando a cabo experimentos. En los experimentos se opera directamente sobre la naturaleza, manipulándola para descubrir si de verdad las cosas son tal y como se ha planteado en la hipótesis. Un experimento puede, por ejemplo, consistir en la construcción de un pequeño modelo de la naturaleza para estudiarlo, mucho más fácil de gestionar, para después tratar —sobre la base de este— realizar afirmaciones válidas para toda la naturaleza. Así, una cubeta que contenga agua y un palito de madera pueden servir para experimentar y estudiar el fenómeno, observado en la naturaleza, de los remos de una barca sumergidos en el agua.

La última parte de su texto, *Opus Maius*, está dedicada a la ciencia experimental con ejemplos de aplicación del método inductivo, como en la célebre investigación sobre la naturaleza del arcoíris. La «scientia sperimentalis» fue utilizada a menudo por Bacon para desenmascarar los trucos de los sediciosos magos de la época.

Durante el Humanismo (1250-1600) se asiste al redescubrimiento de la cultura griega y de los textos aristotélicos, pero los humanistas demuestran escaso interés por las ciencias, dirigiéndose sobre todo hacia los ámbitos literarios.



Es en el Renacimiento cuando el pensamiento científico sufre una transformación sorprendente. El redescubrimiento de las obras griegas determina el desarrollo de disciplinas como las ciencias médicas, las matemáticas, la astronomía; pero sobre todo, volviendo a los griegos, se abre la posibilidad de nuevas especulaciones intelectuales a partir del estudio de los filósofos presocráticos y de Lucrecio, del método matemático de Arquímedes y de las teorías de Aristóteles. Se comprende que son posibles diversos «procedimientos» científicos.

En el siglo XV Europa está muy evolucionada tecnológicamente, se siguen, uno tras otro, inventores y constructores, y el estudio del magnetismo, olvidado por los Griegos y el Islam, se convierte en un campo de investigación a explorar desarrollando un método específico. La Italia del Renacimiento goza del esplendor de las artes, de la literatura, de la ciencia y de la tecnología, y la Universidad de Pádua atrae a estudiosos de toda Europa. El filósofo Jacopo Zabarella (1533-1589) afirma:

“[...] cuando concebimos una hipótesis sobre la materia somos capaces de investigar y descubrir en ella algo más: allí donde no planteemos ninguna hipótesis no descubriremos nunca nada”. (Poppi, 1972).

Leonardo da Vinci (1452-1519), aplicando en sus estudios el pensamiento hipotético deductivo de la filosofía aristotélica, contribuye fuertemente a poner las bases del método científico concebido en el siglo XVII por Galileo Galilei.

A Galileo Galilei (1564-1642) le debemos, de hecho, la gran revolución del pensamiento científico que ha dado vida a un nuevo planteamiento mental hacia el universo objetivo y la construcción de un esquema físico-matemático duradero para describirlo. A él le debemos el concepto de nuestro mundo como un entrelazarse de fuerzas calculables y cuerpos mensurables, y también le debemos a él la aplicación experimental de ese concepto.

Según el científico de Pisa, el libro de la naturaleza está escrito con leyes matemáticas, que pueden comprenderse a través de experimentos con los objetos que nos pone a disposición. Galileo elabora una concepción del mundo en la que la investigación de los principios de la mecánica puede llevarse a cabo racionalmente tanto en los movimientos celestes como en las mutaciones terrestres, en la rotación de los satélites de un planeta, como en la estructura de un minúsculo insecto.

Galileo Galilei escruta el cielo; el universo entero y cada una de sus partes están sujetos a las mismas leyes. El universo está constituido por materia en movimiento, todas sus otras propiedades son fenómenos secundarios derivados de las percepciones sensoriales.

“[...] la filosofía está escrita en este grandísimo libro que continuamente está abierto frente a nuestros ojos, pero no se puede entender si antes no se aprende a entender su

lengua y conocer los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lengua matemática y los caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es humanamente imposible entender ni una sola palabra”. (Galilei, 1964).

El primero en aplicar la matemática como instrumento práctico para el estudio de las leyes que regulan los movimientos celestes es Kepler (1571-1630) que opera en un periodo de transición entre lo viejo y lo nuevo. Contribuye con sus leyes a sentar las bases para la mecánica celeste.

El debate científico prosigue con Huygens (1629-1695) y Newton (1642-1727) que divergen respecto a la idea de gravedad, comenzando así la contraposición entre mecanicismo especulativo y mecanicismo matemático. Mientras tanto, la química prosigue en sus progresos, sobre todo en ámbito químico-físico, con Boyle (1627-1691). Newton logra combinar, en una excelente actividad experimental, sus dotes de matemático y de físico, que nos permiten colocarlo entre los grandes; los cuales, a través de sus estudios, han cambiado la visión del mundo. La ley sobre la gravitación universal es una de las más importantes conquistas del pensamiento. Llega a dicha ley combinando matemática y mecánica y afirma en su *Opticks*, de 1704:

“Dios, en el momento de la creación formó la materia en sólidas, duras, llenas e impenetrables partículas móviles”. (Newton, 2006).

La existencia de las partículas, la ley de la gravedad y la teoría matemática del movimiento confirman las observaciones y sostienen la idea de una naturaleza siempre igual a sí misma, que, como tal, está gobernada por leyes basadas en los principios matemáticos de la mecánica.

La materia puede ser comprendida solo como tamaño que se expresa en números. Las explicaciones de la mecánica se consideran convincentes y definitivas porque están verificadas con experimentos y observaciones. Muchos científicos consideran el universo como algo estructurado y sus acontecimientos son expresiones de su armonía. La armonía de la naturaleza puede ser reconducida a leyes y mecanismos que hay que descubrir.

La revolución científica consiste primeramente en la identificación de los términos «materia» y «movimiento» y la nueva ciencia nace con Galileo, Kepler y Newton; después de ellos, el desarrollo del conocimiento no podrá prescindir ya del experimento. Afirma de nuevo Newton en sus escritos sobre óptica, *Opticks*:

“[...] como en las matemáticas, así en la filosofía natural, la indagación de las cosas difíciles a través del método de análisis debería siempre preceder al método de síntesis. Este análisis consiste en hacer experimentos y observaciones, y en extraer de ellos conclusiones generales por inducción, no admitiendo ninguna objeción contra las

conclusiones sino aquellas extraídas de los experimentos u otras verdades claras. De hecho, en la filosofía natural no se deben contemplar hipótesis. Y aunque la argumentación por inducción a partir de experimentos y observaciones no sea un procedimiento demostrativo de conclusiones generales, aun así es lo mejor que admite la naturaleza de las cosas”. (Newton, 2006).

Si una propiedad es atribuida a la naturaleza, entonces el experimento debe revelarla.

El siglo XVII pone el acento en el experimento como método de descubrimiento de fenómenos, precedente a la construcción de conceptos generales, los cuales, a su vez, deben ser verificados.

La tentativa filosófica principal de Francis Bacon (1561-1626) es la de liberar al experimento de su contexto dudoso y hacer que se convierta en la base indiscutible de la explicación científica. Considera el experimento como el fundamento de toda explicación científica; se inicia con observaciones y experimentos para describir y descubrir fenómenos y, solo sucesivamente, se construyen leyes a través de la investigación de recurrencias y características comunes en observaciones y experimentos relativos a un fenómeno dado, registrando las excepciones. Se parte de observaciones y experimentos para generalizar. Ninguna explicación puede tener valor científico si no se llega a ella a través del método inductivo.

Su réplica a toda especulación es: *Fiat experimentum!* Aunque fuera contemporáneo de Kepler y Galileo, no concibe la idea de que un solo hombre pueda hacer ciencia, sino que pone el acento en el esfuerzo colectivo: la complejidad de la naturaleza es demasiado grande para que pueda ser explicada por un solo hombre y auspicia la constitución de instituciones de investigación científica.

Pascal (1623-1662) utiliza experimentos reales y también experiencias mentales, es decir, imagina los acontecimientos y los fenómenos, realiza hipótesis, verifica que las hipótesis sean creíbles y elabora teorías que después se generalizan en el mundo real. Y esto se hace necesario cuando algo tiene que ver con la materia perceptible.

Se sigue el camino de los experimentos para verificar hipótesis, a menudo utilizando los experimentos para sostener la teoría, más que para construir una. Se producen numerosos e interesantes experimentos en física, química y fisiología, todos ellos conducidos con el fin de explicar fenómenos aplicando a diferentes contextos una única idea: la hipótesis mecánica aplicada y desarrollada en ámbitos diversos para que todo sea reconducido al movimiento de las partículas elementales.

El principal objetivo de un experimento de mecánica es determinar el valor real de algunas constantes físicas necesarias para la aplicación de una teoría. La idea de una ciencia física verdaderamente empírica se desarrolla en la óptica donde se plantean

interrogantes sobre la naturaleza de la luz.

Desde finales del siglo XVII la filosofía y la ciencia se separan netamente.

En el siglo XVIII llegan importantes contribuciones del campo de la electricidad, y los experimentos de Franklin (1706-1790) las dan a conocer a un público amplio, que lo consagra como héroe del nuevo mundo que ha vencido al rayo.

Otros experimentos importantes en electricidad son conducidos al final del siglo XVIII y tras Coulomb (1736-1806), Galvani (1737-1798) y Volta (1745-1827) se encuentra la primera nueva fuente de energía mientras se descubren nuevos compuestos químicos, aún a través de un empirismo bastante rudimentario. Al mismo tiempo se asiste a un notable desarrollo teórico, sobre todo alrededor de fenómenos ligados al calor y a la combustión.

A finales del siglo XVIII, Lavoisier (1743-1794) elabora teorías basadas en un intenso trabajo de laboratorio en el que, de vez en cuando, cada nueva hipótesis prevista es confirmada por experimentos.

En el siglo XIX Charles Darwin (1809-1882) realiza una de las más grandes empresas humanas y durante los años transcurridos a bordo de su barco observa los ambientes, sobre todo de las islas Galápagos, y se convence de la realidad de la evolución. Comienza a recoger datos de las observaciones de sujetos y fenómenos, a la búsqueda de confirmaciones de su teoría y lleva a cabo quizás el único ejemplo de aplicación precisa del método baconiano.

Se asiste al desarrollo de la termodinámica y se cuestiona el principio de conservación de la energía. Como ya Newton había sospechado mucho tiempo atrás, se comprende que el funcionamiento del sistema no es puramente mecánico. La energía reside en el espacio incluso sin materia y las transformaciones energéticas son irreversibles. Faraday (1791-1867) descubre la inducción electromagnética. Numerosos experimentos conducen a comprender las diferencias entre campo gravitacional y campo eléctrico y magnético. Maxwell (1831-1879) propone una teoría matemática que, nacida de la intención de expresar en forma matemática las hipótesis de Faraday, en realidad explica la existencia de radiaciones electromagnéticas. El descubrimiento de la radiación electromagnética se convierte en una fuente de nuevas e importantes hipótesis.

En el siglo siguiente se asoma al escenario Planck (1858-1947), Bohr (1885-1962), Einstein (1879-1955) y Rutherford (1871-1937), que llevan a cabo la gran revolución científica del siglo XX. El 14 de diciembre de 1900 Max Planck anuncia la ecuación cuántica, pero su teoría, que contradice la idea de continuidad de la naturaleza, es demasiado revolucionaria para ser aceptada por la comunidad científica. En su *Autobiografía*, afirma que el concepto de *quantum*:

“[...] abría una nueva era en la ciencia: este anunciaba el advenimiento de algo sin precedentes, y estaba destinado a remodelar sustancialmente las concepciones físicas y el pensamiento del hombre, desde que Leibniz y Newton sentaron las bases del cálculo infinitesimal, fundadas en la hipótesis de que todas las interacciones causales eran continuas”. (Planck, 1956).

Albert Einstein toma en consideración el concepto de quantum y lanza la hipótesis de la existencia de «paquetes» de energía radiante o fotones, cuya energía es inversamente proporcional a la longitud de la onda. En 1931 Bohr elabora el modelo de átomo que depende exclusivamente de los experimentos de Bohr, de Broglie (1892-1987) y Thomson (1856-1940) dirigidos a resolver el siguiente dilema: ¿el fotón es una partícula o una suma de ondas? El dualismo onda-corpúsculo parece imposible de eliminar: todo flujo veloz de partículas exhibe, en condiciones experimentales apropiadas, un comportamiento ondulatorio.

Llegados a este punto queda destruida para siempre la idea de que cualquier fenómeno de la naturaleza pueda ser explicado en términos mecanicistas y ya no queda lugar para los átomos, considerados como partículas similares a bolas de billar, para fluidos sutiles con propiedades hidráulicas o para tensiones elásticas del éter. En 1927 Heisenberg (1901-1976) enuncia el principio de incertidumbre o indeterminación.

Einstein admite la posibilidad de que las premisas y las conclusiones de una teoría puedan parecer absurdas para el sentido común o para los estándares de la física clásica. Lo importante es que la teoría alcance los objetivos para los que ha sido elaborada y no se pueda falsificar de ningún modo.

Sus previsiones son posteriormente verificadas a través de observaciones y experimentos. Einstein, de hecho, está dispuesto a contemplar conceptos teóricos sobre los cuales no se puede construir, al menos por el momento, un modelo mecánico. Su ecuación  $E=mc^2$  en 1905 predice que una pequeña cantidad de masa es equivalente a una enorme cantidad de energía y, en los años sucesivos, queda claro que en las reacciones nucleares se dan transformaciones semejantes: la materia puede ser convertida en calor y en radiación, sea a través de procesos de fisión o a través de procesos de fusión.

La ciencia que había sido «racional y lógica» se llena de incertidumbres y paradojas.

“Había una joven llamada Esplendorosa cuya velocidad superaba a la de la luz. Esta partió, un día por un camino relativo y volvió a casa la noche anterior”. (Punch, 19 de diciembre de 1923; citado por Hall y Boas Hall, 1991).

La historia de la ciencia es la historia de hipótesis que han generado problemas y de hipótesis que después se han intentado resolver. Cuando se ha logrado, estas últimas han generado de nuevo otros problemas que reclamaban una solución (Antiseri, 1999). Las

hipótesis, con sus respectivos problemas, pueden transformar las nociones en informaciones relevantes y por tanto en conocimientos significativos.

Se parte así de un problema, se construyen hipótesis que deben ser demostradas para después elaborar respuestas al problema. Estas últimas deben validarse para buscar los eventuales errores que hay que corregir.

La diferencia entre una ameba y Einstein, afirma Antiseri (1999), consiste en el planteamiento frente al error: a la ameba le disgusta equivocarse; Einstein se alegra de encontrar errores. Errores y verdades recorren el camino y el reconocimiento del error, este es uno de los hechos más significativos frente a los cuales nos sitúa la enseñanza en general y la enseñanza de las ciencias en particular: incluso a través del estudio de la historia de las ciencias, que a menudo es la historia de los errores cometidos y de los errores corregidos que han conducido a la elaboración de leyes para explicar el mundo.

Solo a través de una enseñanza que vaya más allá de la función informativa para convertirse en educación para el pensamiento crítico, para plantearse y resolver problemas, para el reconocimiento del error y la asunción de responsabilidad y para la argumentación crítica, es posible educar en el anti-dogmatismo.

La epistemología actual rechaza, de hecho, un acercamiento dogmático al aprendizaje de las ciencias y también la idea de que la ciencia sea una descripción de hechos observados o una ampliación de observaciones precedentes en relación a un determinado objeto.

Una teoría científica es válida si las argumentaciones que la sustentan son coherentes y no contradictorias pero, sobre todo, si una argumentación dada es coherente, las consecuencias que se deriven de ella deben ser verdaderas. Es importante que las premisas de una teoría científicamente válida sean empíricamente verdaderas, es decir, coherentes con el mundo real.

La ciencia empírica se funda en la experiencia y, aunque las teorías científicas surjan a menudo de la fantasía del científico (baste pensar en los viajes imaginarios de Einstein a «bordo» de un rayo de luz), es necesario que estén validadas por observaciones y experiencias concretas. Pero lo que es importante transmitir es la idea de que una teoría elaborada respetando el rigor procedimental del método científico y sustentada por argumentaciones coherentes y verdaderas, puede ser una teoría «provisional», porque hay que estar siempre dispuestos a revisar las conclusiones a las que se llega a la luz de nuevas experiencias y nuevos descubrimientos. Cada teoría genera, de hecho, nuevos problemas y es el impulso para nuevas investigaciones que pueden incluso conducir a conclusiones distintas a aquellas alcanzadas con anterioridad. Si dichas conclusiones satisfacen los criterios de coherencia y verdad, entonces conforman la nueva teoría y vuelta a empezar.

Traemos a colación un ejemplo de la historia de la ciencia para ilustrar concretamente cómo la aplicación de las conexiones lógicas a experiencias de laboratorio conduce a la elaboración de una teoría. Enrico Fermi y sus colegas de la calle Panisperna obtienen gracias a sus experimentos sobre la absorción de neutrones por parte del plomo resultados inexplicables.

Un día Fermi sustituye el pedazo de plomo por un bloque de parafina, que de este modo se expone al bombardeo de neutrones, situado entre la fuente de neutrones y un pedazo de plata. El resultado es sorprendente: el paso a través de la parafina multiplica enormemente el efecto de los neutrones, por lo que la radiactividad de la plata resulta ser mucho más fuerte. La parafina aumenta la radiactividad de la plata hasta cien veces. La sustitución de la parafina por distintas sustancias no produce los mismos efectos.

Fermi lanza la hipótesis de que el fenómeno esté causado por la gran cantidad de átomos de hidrógeno presentes en la parafina. Cada átomo de hidrógeno contiene un protón. Los neutrones, atravesando la parafina, chocan contra muchos protones con una masa equivalente a la de los neutrones. Los choques, que pueden compararse a choques entre bolas de billar, hacen que los neutrones vayan más lentos, los cuales, respecto a los más veloces neutrones, tienen mayores probabilidades de ser capturados por los núcleos de plata que alcanzan al final del viaje. Por lo tanto, un número mayor de átomos de plata captura a un neutrón en su propio núcleo volviéndose radiactivo. Así pues, se da un fenómeno: el aumento de la radiactividad de la plata, golpeada por neutrones que han atravesado un bloque de parafina.

Hay una hipótesis y hay una teoría. ¿Pero la teoría es verdadera? Son necesarias pruebas para validarla o para rebatirla. Fermi y sus colegas deciden sumergir en agua un pedazo de plata y una fuente de neutrones situada a una distancia del objetivo que haga que los neutrones puedan alcanzar bastante ralentizados el pedazo de plata. El efecto es comparable al resultado obtenido con el bloque de parafina.

Se parte de la siguiente hipótesis: la parafina es una sustancia rica en hidrógeno, que ralentiza a los neutrones. Los neutrones ralentizados causan un aumento de la radiactividad en su objetivo. Se elabora una tesis: las sustancias ricas en hidrógeno causan el aumento de radiactividad de un objeto cuando están situadas entre la fuente y el objetivo de los neutrones. Las pruebas realizadas demuestran la validez de la hipótesis, por tanto la teoría es verdadera y la hipótesis queda confirmada.

Argumentaciones semejantes sirven también para rebatir una teoría. Un banal ejemplo ilustra su utilización: la hipótesis de partida podría ser que «la materia orgánica puede ser sintetizada exclusivamente por parte de organismos vivos». Si eso fuera verdad ninguna sustancia producida por los seres vivos podría obtenerse de otro modo. En cambio, la urea, sustancia claramente orgánica, se produce por síntesis artificial. Por lo tanto la hipótesis, sometida a control, resulta falsa.

## Referencias introductorias a la didáctica de la experimentación

La historia nos enseña que los descubrimientos científicos surgen de un determinado problema para cuya resolución se lanzan conjeturas, se realizan pruebas en busca de errores, se elaboran teorías sostenidas por argumentaciones válidas.

El objetivo de la ciencia es encontrar explicaciones de lo que nos rodea y las explicaciones válidas son aquellas que superan los más severos controles y el análisis de la lógica, aunque este pueda tener carácter temporal. Se hace evidente así el valor de la *educación para el anti-dogmatismo* que asume la enseñanza de las ciencias: nada puede ser aceptado sin explicaciones válidas o como conclusión definitiva.

Se revaloriza el rol del lenguaje en sus funciones descriptiva y argumentativa. Esta última función puede desarrollarse solo si a la vez se desarrolla un planteamiento crítico y racional frente a los objetos que nos rodean y a los fenómenos que acontecen. Y aquí el rol de la escuela se vuelve crucial: se puede aprender a describir sin argumentar, sin por tanto expresar razonamientos a favor o en contra, sin preguntarse el porqué y la descripción podrá ser completa y estar cuidada, pero será solo una descripción. Cuando en la escuela se estudian los manuales y las ciencias son presentadas como un elenco descriptivo de teorías elaboradas sin aducir razones, sin contextualizar desde el punto de vista histórico para comprender de dónde ha surgido una determinada teoría, entonces el estudio es puramente memorístico y falla el objetivo de educar para el pensamiento crítico, para la distinción entre ciencia y pseudociencia, que quiere decir, en definitiva, educar para una ciudadanía participativa.

¿Cómo es posible ser un ciudadano que vive activamente su pertenencia a una comunidad y participa constructivamente en la vida de la sociedad, si no se es capaz de juzgar una teoría cualquiera con una mirada racional y crítica, descubriendo en ella la falsedad, si es el caso, o proponiendo variaciones, si es necesario?

Pero no solo eso, si se acepta la idea de que el saber favorece la adaptación al ambiente, y por tanto representa un motivo de éxito evolutivo, la construcción de saberes memorísticos, descriptivos y no racionales —por no ir acompañados de argumentaciones y conjeturas coherentes y verdaderas—, se convierte incluso en un freno para la evolución de la especie humana. Esta es la idea que expresa Konrad Lorenz en su libro *La otra cara del espejo* (1991). En el libro, que lleva como subtítulo *Para una historia natural del conocimiento humano*, Lorenz afirma que la vida es un proceso cognoscitivo y la adaptación es adquisición de saber.

La enseñanza, no solo de las ciencias sino de todas las disciplinas, debería partir del análisis de un problema para pasar a las conjeturas que hay que someter a pruebas. En la pequeña comunidad de «investigadores» que forman el aula nace un mayor número de conjeturas cuando se trabaja a través de los debates guiados, porque hacen que las



sustenten con argumentaciones lógicas, haciendo que sea posible construir teorías. La predisposición de un ambiente educativo fértil, vital y social, en el que las distintas opiniones y conjeturas sean continuamente comparadas y negociadas entre iguales, favorece un aprendizaje consciente, que pasa también por el preguntarse sobre el significado de los conceptos y de los términos. Y, algo que no hay que pasar por alto: arroja algo de luz sobre los prejuicios y los malentendidos, que no pueden desaparecer de golpe; es más, que a menudo reaparecen y solo reapareciendo pueden ser corregidos gradualmente.

Es evidente que el verdadero objetivo que se debe alcanzar no es otro que un *cambio en la organización de la estructura cognitiva* de los alumnos. La conquista de nuevos paradigmas y nuevos sistemas de organización se convierte en un acontecimiento revolucionario, que provoca conflictos cognitivos y estimula revisiones profundas del propio pensamiento. Es un acontecimiento transformador que puede llevarse a cabo solamente en un contexto no solo hecho de constataciones, sino expansivo.

La actividad experimental a la que está dedicada este libro se inspira en el método científico, reconociendo la fuerte valencia didáctica de un planteamiento tipo laboratorio para el estudio de cualquier disciplina, no solo de las científicas. Nos referimos por tanto al método científico sobre todo por lo que se refiere al rigor procedimental, que conduce a la elaboración de una teoría, y se concreta en la posibilidad de que los alumnos vivan una oportunidad de experimentar y comprender los fenómenos, analizándolos desde diversas perspectivas.

Si dicha modalidad de trabajo se vuelve un elemento cotidiano de la didáctica y si el aprendizaje de los alumnos se proyecta de modo que se parta de un problema que hay que estudiar y, con rigor procedimental, se analicen y se estudien las estrategias de resolución también a través de actividades experienciales concretas que se lleven a cabo en el laboratorio, es posible que cada alumno logre atribuir un significado y otorgarle un sentido a su propio recorrido formativo. Es importante para el niño y el adolescente aprender a aprender con un método racional, pero también lograr enfrentarse con *humildad y curiosidad* a lo que no sabe.

Popper sostenía que la curiosidad representa el exordio del conocimiento. El estudio de las ciencias requiere curiosidad y deseo de observar, porque la observación genera preguntas y las preguntas llevan a lanzar hipótesis que hay que confirmar o rechazar. Si, en cambio, no nos planteamos ninguna pregunta, entonces no puede haber hipótesis y la observación se convierte en poco relevante. Las observaciones irrelevantes están destinadas al olvido exactamente como todo aquello que se transmite de manera dogmática y se repite de memoria sin plantearse ningún porqué. La transmisión dogmática de teorías corre el riesgo también de dar una imagen de los científicos como hombres infalibles y por tanto inalcanzables. En cambio, no existen ni hombres ni teorías infalibles, sino que es necesario equivocarse si se quiere crecer.

Mientras Feynman definía el método científico con tres palabras: observación, razonamiento y experimento, Einstein enfatizó la importancia de la imaginación para el progreso de la ciencia, porque hace posible razonar sobre observaciones de fenómenos reales yendo más allá del sentido común. Esta visión de la ciencia está poco presente en las escuelas e institutos, donde los niños y los adolescentes deberían aprender a observar los fenómenos y descubrir sus causas.

Observación, imaginación y razonamiento sobre los fenómenos que estudian, utilizando modelos y procedimientos, permiten a los estudiantes ampliar su propia experiencia sobre el mundo real y les ayudan a reorganizar los datos para tener mayores capacidades para interpretar un fenómeno dado.

Por tanto, experimentar es una experiencia de construcción de conocimiento, expansión de horizontes, superación de los límites planteados por el sentido común para elaborar teorías y no solo, como a menudo se pretende, una ejecución de protocolos experimentales que halla que seguir paso a paso.

Resulta evidente el interés que las criaturas, que están creciendo, muestran hacia los objetos reales, a partir de sus primeros meses de vida, y es importante mantener viva en ellas la curiosidad y el deseo de explicar la realidad física.

Es importante por tanto acompañar el crecimiento de nuestros alumnos ayudándolos a construir modelos y teorías capaces de describir y explicar el funcionamiento de objetos materiales y seres vivos. La construcción de modelos, leyes y teorías debe seguir un rigor procedimental que conduzca a la elaboración de proposiciones válidas desde el punto de vista lógico. Por lo tanto es importante tener como referencia el *método científico*.

Surge así la ocasión de acercar al estudiante al concepto de *modelo*. Cualquier realidad natural, observable o experimental, no es inmediatamente transferible a una representación ideal en la mente humana. El paso del estadio de recogida de las observaciones o de los datos experimentales en el campo científico al de su encuadre en una visión universal y coherente, se da a través de una fase de elaboración de modelos. Es importante saber que el modelo es representación, interpretación y simulación de la realidad, útil para tomar en consideración algunas características de un fenómeno, pasando por alto, necesariamente, otras.

Por tanto el modelo responde a las características que se quiere representar y estudiar, pero no a todas las características. No es de hecho posible una representación única de lo real. Aun así, el modelo es fundamental por sus propiedades sintetizadoras y de perspectiva, características típicas de un instrumento que es un intermedio precario entre un nivel y otro del conocimiento. Cualquier modelo tiene una función heurística; no es el objeto real del conocimiento, sino un instrumento de indagación.

En síntesis: lo que un alumno debe adquirir no es un modelo en particular, sino el uso de modelos para comprender los fenómenos estudiados. Obviamente, antes de la fase de elaboración de modelos, es necesaria una clasificación de los objetos de estudio, para distinguir una propiedad determinada de otra y decidir cuál o cuáles propiedades representar y a qué modelo recurrir.

Piaget, el teórico del desarrollo cognitivo, traza el retrato del crecimiento intelectual humano y considera que todo nuestro conocimiento deriva, en primera instancia, de las interacciones que cada cual realiza en el mundo.

El niño pequeño explora todo tipo de objetos y llega a formarse expectativas sobre cómo un determinado objeto podrá comportarse en diferentes circunstancias. Pero durante muchos meses, el conocimiento que el niño tiene de los objetos y los nexos causales entre ellos, derivan de la presencia de los mismos en el marco espacio-temporal donde se encuentra el niño: su existencia no se prevé si desaparecen de su vista. Hasta alrededor de los dieciocho meses el niño no se da cuenta de que los objetos existen también aunque en ese momento no sean visibles. Cuando se da este paso decisivo, el niño logra pensar los objetos, referirse a ellos en su ausencia y adquirir la capacidad de identificar semejanzas y diferencias, por tanto tiene la capacidad de clasificar y ordenar los objetos en base a determinados criterios, aunque falte, inicialmente, el aspecto cuantitativo.

Exceptuando en el caso de pequeñas cantidades, de hecho, las estimaciones cuantitativas no se dominan hasta los cuatro o cinco años, por indicios perceptivos desviantes como la densidad o la extensión espacial. Hasta alrededor de los seis o siete años el niño no es capaz de darse cuenta de que el número final de la serie de números que utiliza para contar los objetos de un determinado grupo, es también la cantidad cardinal de los elementos del grupo mismo. Es por tanto posible llevar a cabo «operaciones mentales concretas», es decir, llevar a cabo «en la propia mente» comparaciones, sumas y restas referidas a objetos físicos concretos, los cuales pueden incluso no estar presentes, pero son potencialmente manipulables.

Estas operaciones van acompañadas de la necesidad lógica, es decir, de la necesidad de confirmar o desmentir afirmaciones a través de las proposiciones interconectadas, que pueden ser verdaderas o falsas.

En los primeros años de la adolescencia, al menos en las sociedades occidentales estudiadas por los discípulos de Piaget, se pueden realizar, además de las operaciones concretas, también las «operaciones formales». Los chicos son capaces de operar no solo sobre los objetos, sino también sobre palabras, símbolos o secuencias de símbolos que representan objetos. Son capaces de formular hipótesis y deducir sus consecuencias. De una fase en la que las acciones físicas transforman los objetos, se pasa a una fase en la que las operaciones mentales transforman grupos de símbolos.

El trabajo de Piaget se refiere principalmente al área lógico-matemática y es objeto parcial de disenso por parte de Gardner, quien subraya la validez del modelo de desarrollo cognitivo de Piaget sobre todo para poblaciones caracterizadas por las tradiciones científicas y filosóficas occidentales. Además, dicho modelo de desarrollo es aplicable a inteligencias lógico-matemáticas, mientras, según Gardner, los estadios necesarios para el desarrollo de otras formas de inteligencia son ignorados por Piaget.

Gardner teoriza la autonomía de desarrollo de las diversas inteligencias y la gradualidad sin solución de continuidad en la sucesión de las fases que no tendrían unos límites tan netamente delineados.

Lo que nos interesa aquí, en realidad, más allá de la disputa teórica, es recoger el aspecto gradual del crecimiento cognitivo que lleva a la construcción de representaciones mentales y a la elaboración de operaciones mentales que deberían conducir a la adquisición de saberes, de contenidos, que son el resultado de la unificación de conceptos y operaciones relativas a estos.

Una escuela que propone una oferta formativa que se funda en la didáctica a través de preguntas y a través de problemas es una escuela en la que poder estudiar, sin aburrirse de escuchar respuestas a preguntas nunca planteadas y en el que no se esté limitado a estudiar de memoria para afrontar y superar los exámenes.

Estimulando los debates, las lecturas, las preguntas, la búsqueda de respuestas a las preguntas, es posible despertar precisamente aquella creatividad necesaria para hacer del estudio parte esencial en la construcción de la propia identidad.

### **El modelo, la organización y la valoración del trabajo científico en el aula**

Con el fin de que el aprendizaje sea significativo y se produzca de manera eficaz es importante la implicación directa de los alumnos con los objetos que se estudian. Es importante que desde los primeros años de escolarización los niños puedan observar, tocar, describir, manipular lo que debe entrar gradualmente en su bagaje personal de conocimientos. La experiencia práctica y concreta permite observar objetos reales, construir modelos y elaborar abstracciones y generalizaciones, sin olvidar los aspectos de formalización necesarios para la construcción de los conocimientos de base.

La actividad en el *laboratorio* ofrece la ocasión para poder observar el mundo real con una mirada racional. El laboratorio no se entiende solo como un lugar físico separado del aula, sino que el laboratorio es también una suma de actividades estructuradas de modo que prevea fases de exploración, observación, recogida e interpretación de datos, descripciones, previsiones, construcciones, correcciones de errores, formulaciones de hipótesis y elaboración de tesis a través de la verificación experimental de la hipótesis formulada. Estas actividades pueden desarrollarse en el aula, en un laboratorio científico

y también sobre el terreno, donde la naturaleza es un laboratorio perenne; las experiencias se pueden llevar a cabo en un contexto escolar o en museos. Lo importante es que haya ocasión para el descubrimiento, la exploración y la consolidación de conocimientos, y que el alumnado, bajo la guía de expertos (profesores y/o maestros) amplíe su propio horizonte cognitivo, aumentando los límites de su zona de desarrollo próximo.

Los niños y adolescentes deben poder interactuar directamente con las fuentes para comprender lo que se estudia, para dar sentido a lo que se estudia, a través de un diálogo activo con su propia mente, durante el cual se construye el propio pensamiento, la propia visión del mundo.

El aprendizaje mecánico, útil para la ejecución de deberes de rutina a corto plazo, resulta absolutamente ineficaz cuando deben enfrentarse a situaciones insólitas y a problemas que hay que resolver.

Si la atención, en cambio, se centra en un problema real y actual, los alumnos, a través de la interacción con los demás (compañeros, profesores, expertos), y puestos en situaciones de laboratorio, adoptan un rol diferente al de esos alumnos en espera de recibir unos determinados conceptos; se convierten, de hecho, ellos mismos en investigadores y solucionan los problemas, logrando integrar las habilidades de pensamiento y de comunicación que emplean en diversos aspectos de la formación académica, cuando no están confinados en el ámbito de una única disciplina.

Experimentar no es, de hecho, una peculiaridad exclusiva de las materias científicas, sino que se convierte en el modelo de enseñanza y de aprendizaje que se extiende a todas las disciplinas.

Las actividades de laboratorio hacen más significativo el aprendizaje, reduciendo el riesgo de pérdida de los conocimientos adquiridos y ofreciendo la oportunidad de hacer que los saberes adquiridos sean generadores de nuevos conocimientos y nuevas competencias. Es decir, experimentar se convierte en fuente de evidencias y de conflictos en los que introducir la reflexión y anclar la revisión de los conceptos. El acercamiento al estudio partiendo del análisis de un problema, de una situación o de un fenómeno, formulando hipótesis que hay que verificar a través de actividades concretas, para llegar a la elaboración de teorías con formalizaciones y generalizaciones, hace que el trabajo motive y entusiasme más.

El profesor adopta el rol de facilitador, mediador, punto de referencia en caso de necesidad; quien proporciona los estímulos a partir de los cuales iniciar la construcción de pensamiento en función de un determinado objetivo. Todo esto implica la adopción de nuevos roles por parte del docente, que no puede limitarse a comunicar informaciones, sino que es guía, modelo, «gran maestro» para unos alumnos que no reciben

informaciones de manera pasiva, sino que se convierten en aprendices cognitivos que aprenden conceptos y habilidades académicas de los profesores, parecido a como los aprendices aprenden de los grandes maestros (Fly Jones, Rasmussen y Moffit, 1999).

El profesor coordina las acciones de los alumnos dejándoles cada vez más libertad con la consciencia de que pueden cometer errores, con el fin de que adquieran una mayor autonomía operativa, aprendiendo poco a poco a hacerlo por sí mismos. La acción del docente pasa gradualmente de una implicación más directa con el estudio y la construcción detallada de la actividad, a la sugerencia indirecta y, a continuación, a la intervención aclaratoria solo bajo petición del alumno, que se vuelve así cada vez más autónomo a la hora de organizar su propio trabajo.

El alumno es, por eso, el actor protagonista que construye saberes a través de una multiplicidad de *operaciones mentales generales* (señaladas en cursiva) o más articuladas y parciales, según lo que el acto de experimentar requiera:

- Escuchar de forma activa.
- *Observar* objetos y/o fenómenos.
- *Describir* lo que se observa.
- *Comparar*.
- Clasificar.
- *Reflexionar*. Plantearse preguntas, identificar y circunscribir el problema.
- *Formular hipótesis* de causalidad aplicando el método científico (que puede utilizarse también en contextos no solo del ámbito científico).
- Registrar datos.
- *Interpretar*.
- Identificar estrategias de resolución.
- Deducir.
- Prever los resultados del procedimiento que se aplica.
- Verificar su eficacia a través de la aplicación concreta.
- Registrar notas de reflexión.

- *Evaluar* los puntos fuertes y débiles de la resolución.
  - Proponer una generalización de la propia tesis.
  - *Comprender* el valor del error dentro del proceso de conocimiento.
  - Conocer y *producir* modelos.
  - Transferir procedimientos y estructuras a contextos diferentes.
  - *Crear* nuevos modelos.
  - Repensar y perfeccionar.
- Exponer y comunicar utilizando el lenguaje que sea más eficaz para el intercambio comunicativo según el contexto específico.

Se trata por tanto de una enseñanza en la que las actividades están estructuradas de modo que el grupo de alumnos se transforme en una pequeña comunidad de expertos, quienes, a través de momentos de experimentación concreta, construyen conocimientos, recorriendo todas las etapas: de la proyección a la realización, de la observación al descubrimiento, pasando a través de errores y frustraciones, pero persiguiendo el objetivo compartido. Cambian los roles y cambian las relaciones entre profesores y formadores/expertos, entre profesores y alumnos, entre alumnos y realidad.

Las experiencias concretas de experimentación de campo o en el aula requieren la reorganización de los segmentos didácticos, que deben pensarse de modo que valoren los momentos de puesta en común en grupo y la *interacción social*. La discusión compartida sobre la experiencia conducida permite la adquisición no solo de informaciones, sino también la comprensión de lo que se está estudiando, la proyección y la valoración de las acciones necesarias para alcanzar un objetivo prefijado, la identificación de los puntos fuertes y de los débiles del trabajo que se ha llevado a cabo, la identificación de los posibles errores procedimentales y, por tanto, la propuesta de posibles resoluciones al problema planteado. Afirma Silvana Contento (2002):

“El proceso interactivo social tiene un rol central en el proceso cognitivo de comprensión. La comprensión es parte de un proceso de colaboración”.

Aun así, se podría pensar que el trabajo en grupo y las discusiones guiadas y focalizadas no sean absolutamente indispensables para llevar a cabo actividades de experimentación inspiradas en la aplicación rígida del método científico.

Sin embargo, se considera que un componente fundamental para un acercamiento de laboratorio a la didáctica de las disciplinas es la organización de la clase en grupos de

trabajo, verdaderos equipos de proyecto en los que cada uno de sus componentes adopta roles específicos y todos se comportan como pequeños investigadores, responsables de la proyección y de la realización de su propio trabajo para alcanzar un objetivo de aprendizaje prefijado y compartido. Es determinante la utilización de diversas fuentes para adquirir las informaciones necesarias: el profesor, expertos, textos académicos y de profundización específica y elementos multimedia. Pero es determinante también la puesta en común entre iguales. La interacción social favorece, de hecho, la interiorización de las funciones cognitivas. Decía Vygotskij:

“Las demostraciones de los niños surgen durante la discusión con sus compañeros y después se interiorizan como un razonamiento que puede ser considerado como una discusión interna”. (Dixon-Krauss, 2000).

Las relaciones sociales resultan primarias respecto a la función psíquica, y el mecanismo de la interiorización favorece el paso de procedimientos, operaciones y conocimientos del plano social al individual. Es por eso importante valorar el rol de la interacción social en los procesos de construcción del conocimiento y de cambio cognitivo que se llevan a cabo en la institución educativa (Pontecorvo, Ajello y Zuccheromaglio, 1991) y ponerla en el centro de la acción didáctica, para estimular la construcción mental individual a través de la necesaria mediación social, confiada al docente.

En el grupo de trabajo cada «experto» puede poner a prueba su propio pensamiento con argumentaciones y conjeturas que puedan validarlo pero, al mismo tiempo, tiene la ocasión de captar puntos de vista múltiples en relación a su propio pensamiento. Todo esto les ofrece la oportunidad de revisión y de enriquecimiento de sus propios razonamientos y por tanto de perfeccionamiento del pensamiento mismo.

Los científicos y los investigadores publican los resultados de sus investigaciones en revistas del sector, comunican por tanto sus propios razonamientos en torno a un determinado objeto de estudio y sus conocimientos específicos. La comunidad científica toma nota de lo comunicado, lo evalúa, lo valida y lo utiliza como generador de nuevas investigaciones, por tanto de nuevos conocimientos.

La pequeña «comunidad científica» que habita nuestras aulas debe poder seguir procedimientos análogos. Cada grupo de trabajo debe exponer sus propias conclusiones y, con las argumentaciones adecuadas, proponerlas a la comunidad. A la hora de comunicar sus propios pensamientos se lleva a cabo una operación importantísima para la realización de un aprendizaje eficaz: al explicar algo a los demás se consolida el aprendizaje y se activan procedimientos de asociación con otros conocimientos y de comunicación con los demás, es decir, se consolida y se perfecciona el saber adquirido.

La interacción dentro del equipo de trabajo y la comunicación con el grupo mismo requiere la adquisición de habilidades transversales fundamentales para el futuro



ciudadano, que tendrá que enfrentarse al mundo laboral y deberá saberse adaptar a los rápidos cambios que caracterizan la sociedad. Sobre todo deberá saber interactuar con otras personas para poder llevar adelante su propio trabajo. Para trabajar eficazmente en un equipo resulta importante aprender a (Fly Jones, Rasmussen y Moffit, 1999):

- Leer, comprender, interpretar, evaluar y utilizar material escrito.
- Escuchar de manera crítica y analítica.
- Utilizar el lenguaje oral de forma eficaz en situaciones formales e informales para comunicar ideas e informaciones, para plantear preguntas y responder.

Después de la familia, la escuela es la instancia formativa que tiene mayor peso en el crecimiento de los chicos y chicas, y como tal no puede sustraerse a la obligación de formar sujetos que sepan habitar el mundo de forma responsable y crítica. El sentido de la responsabilidad y el espíritu crítico se desarrollan solo si se interactúa con otros, adultos y compañeros, poniéndose en juego y aceptando la posibilidad de tener que revisar las propias ideas y modificar el propio pensamiento.

La interacción entre iguales, durante las actividades de experimentación, cumple por tanto la doble función de ayudar a construir aprendizajes eficaces y ayudar a construir habilidades sociales indispensables para los futuros ciudadanos.

El gran desafío para la escuela actual es, en consecuencia, lograr conciliar la necesidad de *garantizar la igualdad formativa y promover el talento personal*. El desafío se hace aún más arduo si se debe rendir cuentas con los cada vez más escasos recursos a disposición de cada institución. Y casi todo está, aun así, en manos del profesor, que debe organizar su propia actividad didáctica teniendo bien presente estos dos grandes objetivos.

De hecho es importante asegurar que todos alcancen un nivel de competencias considerado irrenunciable para la formación del ciudadano. La propuesta didáctica debe estar, por eso, pensada de modo que garantice la adquisición de las competencias de base de la disciplina, teniendo en cuenta los estilos cognitivos y de aprendizaje de cada alumno. Es necesario, por tanto, tener bien claros cuáles son los contenidos y las habilidades «de base», es decir, los saberes irrenunciables que son necesarios para la construcción de las competencias que hay que garantizar a cada alumno cuando salga de la etapa educativa a la que nos referimos.

La *individuación de las competencias básicas* es un proceso delicado que requiere una fuerte asunción de responsabilidad social y política por parte de la institución. No es el profesor a título individual quien tiene que trabajar con la mirada puesta en lo que él considera que puedan ser las competencias irrenunciables. Es evidente la necesidad de construcción de «retos de pensamiento» dentro de la escuela, de modo que los

profesores tengan ocasión de encontrarse para identificar cuáles son los saberes y las competencias irrenunciables que hay que garantizar para todos los alumnos de esa determinada escuela, dentro de un contexto social específico. Reaparece el tema del vínculo con el territorio, con la comunidad local, con las familias a las que se debe implicar para que se alcancen los verdaderos objetivos formativos y no solo los informativos.

Si pensamos en la vida cotidiana, en nuestras clases cada vez más heterogéneas y problemáticas, se comprende la dificultad objetiva de un planteamiento didáctico atento a garantizar la asunción de los aprendizajes básicos por parte de todo el alumnado.

La constitución de grupos de trabajo heterogéneos, que deben construir un producto específico en un plazo preestablecido, es una de las posibles estrategias que pueden ayudar en la proyección de procesos de enseñanza y aprendizaje eficaces.

Aquello que representa un importante momento formativo, en todas las etapas educativas, es la posibilidad de organizar verdaderos equipos de proyecto con los chicos, que experimentan nuevos roles y que se encuentran enfrentándose a problemas ligados a la realidad en la que viven.

Analizar un fenómeno determinado, identificar sus causas, proponer hipótesis, verificar su validez a través de actividades de laboratorio, construir modelos materiales o mentales, argumentar de forma adecuada para sostener sus propias tesis, estar dispuestos a ponerlas en discusión y, quizás, a modificar las propias ideas, son etapas fundamentales para que una acción didáctica, en cualquier campo del saber, asuma un carácter formativo; es decir, permita la adquisición de conocimientos y habilidades que no habiten en la mente de los chicos solo durante un breve periodo de tiempo, abandonándola tras la salida de la escuela. Los nuevos conocimientos y las nuevas habilidades se instalan de modo indeleble, pero no rígido, en la mente de cada uno y se convierten en el substrato sobre el que construir nuevos saberes.

El laboratorio, entendido como la suma de actividades organizadas para la *construcción activa de los saberes*, es indispensable para que el aprendizaje no sea solo adquisición pasiva de informaciones abstractas. Es ocasión para conocer el mundo real interactuando activamente y concretamente con él. Es garantía de formación porque coloca a los chicos en situación de experimentar, efectuando pruebas que verifiquen las propias hipótesis, recogiendo tesis que lleven a la generalización y a la formalización. Pero experimentar es también observar, manipular, describir para conocer y comprender, para darle un significado a un determinado objeto y atribuirle sentido a un proceso de aprendizaje.

Son estas las razones por las que el camino para construir procesos formativos eficaces, que garanticen para todos poder alcanzar competencias irrenunciables, debe pasar por el laboratorio y por el experimento, independientemente de la disciplina que se enseñe.

La *heterogeneidad* del grupo representa una condición favorable para el aprendizaje entre iguales en el que cada uno ofrece lo que puede y se convierte en un recurso, sea para quien es capaz de asumir el rol de *profesor* dentro del grupo, sea para quien necesita ser guiado en la adquisición de nuevos conocimientos. El aprendizaje se consolida y se refuerza cuando se le debe «explicar a otro». Pero el aprendizaje es más eficaz cuando quien nos lo «explica» es nuestro compañero.

Laboratorio de experimentación y trabajo en grupos heterogéneos son solo dos condiciones necesarias, pero no son suficientes para garantizar que se alcancen los objetivos comunes. Es obvio que hay que prever el recurso a fichas y/o momentos de recordatorio/consolidación si se requieren, u otras acciones didácticas para garantizar la adquisición de saberes de base, pero es difícil llevar a cabo esto si no se adopta el laboratorio como un momento y un modelo didáctico indispensable para la construcción de bases sólidas sobre las que fundar los procesos formativos.

El laboratorio de experimentación es una condición necesaria, pero tampoco en este caso suficiente, para alcanzar otro gran objetivo que la escuela del tercer milenio nos presenta como un desafío: «*valorar las diferencias* evitando que se transformen en desigualdades» (Baldacci, 2005).

Es un gran desafío al que los profesores deben responder de un modo eficaz en un periodo en el que la crisis de las instituciones atraviesa también la escuela. Y es una respuesta que no puede evitarse, como tantas veces ha sucedido.

La propuesta didáctica debe contemplar momentos comunes en los que los grupos heterogéneos trabajan en equipos de proyecto para alcanzar los mismos objetivos y momentos en los que se diferencian los procesos para garantizar que cada uno encuentre su propio camino para que emerja su propio talento. Por tanto, la actividad propuesta deber ser también la ocasión para ofrecer oportunidades diversificadas según las actitudes y los intereses de cada cual. En estos términos, el trabajo puede aun avalarse por el recurso formativo constituido por el equipo de proyecto, pero los grupos están organizados según la homogeneidad de intereses, actitudes y resultados, y el objetivo a perseguir es distinto en cada uno de ellos.

También en este caso el trabajo en grupo añade valor formativo a la propuesta didáctica, ya que favorece la adquisición de competencias, haciendo más eficaz el aprendizaje, y determina la adquisición y/o la consolidación de las *habilidades sociales* necesarias para trabajar en grupo, midiéndose con modalidades de trabajo que ya forman parte de todas las profesiones y que hay que saber gestionar si se quiere contribuir a la formación de ciudadanos que habitarán un mundo cada vez más complejo y globalizado, con un mercado de trabajo caracterizado por la precariedad y la flexibilidad.

Si se quiere delinear un modelo operativo para la organización de una propuesta

didáctica, hay que partir, primeramente, de una *fase de proyección*, que implica al docente en el esfuerzo de estructurar el proceso trabajando él mismo en un equipo de proyecto a la búsqueda de las modalidades y de las estrategias más eficaces. Es obvio que todo debe estar precedido por una reflexión compartida y participativa sobre los saberes de base que hay que garantizar para todos en una escuela caracterizada por un fuerte vínculo con la comunidad local y con la realidad.

Si los objetivos formativos y las modalidades para alcanzarlos están bien claros, los docentes pueden estructurar *actividades didácticas* en las que la experimentación tiene un rol central.

La *evaluación* del proceso puede también tener un valor formativo si los criterios se explicitan y se comparten con los alumnos, si no se focaliza exclusivamente en el producto, único testimonio del conocimiento adquirido en un sistema escolar en el que, demasiado a menudo, la responsabilidad de los aprendizajes es una carga que recae solo en el alumno.

La evaluación del proceso que prevé, cuando es posible, la presencia de observadores dentro de la clase, que identifica en la autoevaluación de cada uno de los alumnos un eficaz instrumento de formación y que se avala con notas de reflexión de los profesores durante las actividades, prestando atención a las operaciones mentales activadas por los estudiantes, a las modalidades de desarrollo del trabajo y a las interacciones entre iguales, constituye una fase importante de todo el proceso y representa una ocasión de reflexión sobre el propio trabajo también para los docentes.

Una vez considerado el rol de agente educativo que la escuela no puede ni debe abandonar, resulta fundamental la definición de los *objetivos sociales* que, a través de la enseñanza y el aprendizaje de las disciplinas, se considera que se deben alcanzar para formar ciudadanos dotados de competencias disciplinarias y transversales.

En Lisboa en marzo del 2000, el Consejo Europeo definió como el objetivo estratégico para Europa a alcanzar en 2010:

“[...] convertirse en la economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica del mundo, capaz de llevar a cabo un crecimiento económico sostenible, con nuevos y mejores empleos y una mayor cohesión social”.

Sucesivamente, durante el Consejo Europeo de Barcelona del 2002, la Comisión y el Consejo de Instrucción elaboraron un programa de trabajo detallado sobre los objetivos futuros del sistema de instrucción y formación a perseguir durante el 2010, identificando los temas clave para lograr tres objetivos estratégicos y otros trece conectados con aquellos y analizando el sector de la educación desde las competencias base hasta la educación superior.

En particular, el objetivo estratégico 1 «Mejorar la calidad y la eficacia de los sistemas de educación y formación en la Unión Europea», tiene como finalidad la formación de un ciudadano europeo que tenga conciencia de los valores propios de la ciudadanía europea, pero que sea capaz también de introducirse en el mundo laboral adaptándose a sus mutaciones. Dicho objetivo se articula en cinco objetivos conectados entre ellos, entre los cuales está: «Animar a que se inicien estudios científicos y técnicos» (1.4), considerando el estudio de las matemáticas, de las ciencias y de las tecnologías como un presupuesto fundamental para la construcción de competencias que invertir en la vida profesional. Para llevar a cabo esto, se prevé una renovación general de los principios pedagógicos y una relación más estrecha con el mundo laboral.

En la sociedad actual la ciencia es omnipresente y el desarrollo de las ciencias y de las tecnologías ha cambiado nuestro modo de vivir, de trasladarnos, de comunicarnos, pero también de producir y de actuar a nivel económico. En este escenario adquiere importancia la responsabilidad de la escuela en la construcción de competencias en el ámbito científico y tecnológico.

En el cuadro de referencia de PISA 2006 (*Program for International Assessment*), que se focaliza en especial en los aprendizajes del ámbito científico, se lee:

“Una comprensión adecuada de cómo «funciona» la ciencia y la tecnología es fundamental para que un joven esté preparado para la vida en la sociedad de hoy. Es esta comprensión la que permite a cada individuo participar plenamente en una sociedad en la que la ciencia y la tecnología se revisten de un rol particularmente importante. Esta comprensión, además, pone a los individuos en condiciones de participar de modo consciente en la determinación de aquellas decisiones políticas en las que los problemas científicos y tecnológicos tienen un impacto directo en su existencia. La comprensión de la ciencia y de la tecnología contribuye, por tanto, de modo significativo a la vida personal, social, profesional y cultural de cada uno.

Gran parte de las situaciones, de los problemas y de los temas con los que el individuo se halla enfrentado en su propia vida cotidiana requieren una cierta comprensión de la ciencia y de la tecnología para poderse comprender plenamente y afrontarlos. Los problemas ligados a la ciencia y a la tecnología colocan a los individuos frente a desafíos en más de un plano: personal, de la comunidad, nacional y hasta global”. (Invalsi, 2007)

En el ámbito de PISA 2006, por *alfabetización científica* de un individuo se entiende:

– La suma de sus conocimientos científicos y el uso de dichos conocimientos para identificar preguntas científicas, para adquirir nuevos conocimientos, para explicar fenómenos científicos y para extraer conclusiones basadas en los hechos que atañen a cuestiones de carácter científico.

- Su comprensión de los rasgos distintivos de la ciencia, entendidos como forma de saber y de indagación propia de los seres humanos.
- Su consciencia de cómo la ciencia y la tecnología forman parte de nuestro ambiente material, intelectual y cultural.
- Su voluntad de enfrentarse con temas y problemas ligados a las ciencias, así como sus ideas respecto a la ciencia, como ciudadano que reflexiona.

Las competencias que constituyen el núcleo central de la definición de alfabetización científica en PISA 2006 son:

- Identificar cuestiones de carácter científico.
- Dar una explicación científica de los fenómenos.
- Usar pruebas fundadas en datos científicos.

“Dichas competencias requieren que los estudiantes se enfrenten a problemas ligados a la ciencia y a la tecnología y que les den respuesta, demostrando, tanto que poseen conocimientos y habilidades cognitivas, como que son portadores de planteamientos, valores y motivaciones”. (Invalsi, 2007)

### **La construcción de redes**

Para poder responder a las exigencias de los propios usuarios, la escuela debe situarse en el centro de una encrucijada entre *sistema formal, informal y no formal* y debe construir alianzas educativas con otras entidades presentes en el territorio, sin las cuales es impensable plantear procesos formativos eficaces. Es de hecho necesario implicar a los chicos en momentos de observación, descripción y construcción operativa en situaciones que no se limiten solo a la utilización del aula como un lugar físico para la construcción de saberes.

La posibilidad de tener experiencias científicas concretas se debe ofrecer en el aula y fuera del aula: en realidades museísticas, bibliotecas, espacios naturales, donde los chicos estén en condiciones de experimentar nuevas metodologías de aprendizaje, a través de otros mediadores didácticos, no solo de la pizarra, el libro de texto o la voz del profesor. Deben descubrir el gusto por la investigación y *aprender a aprender* de manera indeleble, ya que los saberes van siendo contruidos por ellos mismos durante la actividad en la que están implicados.

La distancia entre lo que se aprende en la escuela y lo que es la vida real, fuera de la escuela, es de hecho cada vez más amplia. El profesorado y el alumnado hablan una lengua distinta, y los chicos, si lo logran, se adaptan a las demandas de una escuela que

es cada vez más ajena a su mundo: con el sonido del último timbre de la jornada escolar se cierra la puerta de la escuela y se abre el portal de la vida.

Philippe Perrenoud (2003) sugiere que el gran desafío para los docentes es *hacer que aprendan* en vez de enseñar, para responder a las exigencias de la centralidad del sujeto en aprendizaje, de la pedagogía de las diferencias y de la didáctica inclusiva.

En este escenario se inserta el bombardeo de informaciones que nos alcanza cotidianamente a través de los medios de comunicación y que hace que sea cada vez más difícil el saberse orientar para seleccionar las informaciones y construir una opinión propia sobre los temas de actualidad.

Resulta importante, por tanto, formar a los chicos enseñándoles a filtrar críticamente los conocimientos asimilados, transformándolos, de acumulación de informaciones a saberes, y partir de ellos para construir nuevos conocimientos de larga duración.

El *vínculo con el territorio*, la experiencia sobre el terreno, se convierte además en un componente fundamental e irrenunciable para el crecimiento de los chicos. De manera más específica, puede adquirir un rol formativo también la interacción con figuras profesionales distintas, que operan en la realidad territorial que les es próxima, en el contexto local, y que pueden ayudar a los estudiantes a construir un método propio de trabajo para enfrentarse y resolver problemas incluso en situaciones no acos-tumbradas, tomando en consideración todas las oportunidades y los recursos ofrecidos por el contexto social, identificando y seleccionando las más adecuadas.

El encuentro con expertos en sectores específicos de distintas disciplinas tiene valor formativo también desde la óptica de la orientación y de la elección de la propia trayectoria. Es posible, de hecho, a través de actividades didácticas en las que los docentes traen a expertos, descubrir directamente de qué se ocupa un profesional determinado y cómo lleva adelante su propio trabajo, con qué metodologías y con qué instrumentos, aumentando así el bagaje de informaciones sobre el mundo del trabajo.

Para enriquecer el planteamiento e integrar las propuestas curriculares con actividades metodológicamente innovadoras de didáctica informal y no formal, los docentes deben construir interacciones eficaces con sujetos que, con distintos papeles, operan sobre el territorio y prestan atención también a los aspectos divulgativos. Este tipo de planteamiento favorece la adquisición de competencias disciplinarias y transversales, a través de las cuales los chicos aprenden a tener una visión del mundo real hecha de múltiples perspectivas y que sea racional.

En el territorio europeo, entre los agentes formativos, se han desarrollado numerosos museos científicos y *science center*, donde se ha sumado a la tradicional misión de conservación, investigación y exposición una función divulgativa, que utiliza exposiciones

interactivas y actividades de laboratorio. Se puede pasar del experimento científico tradicional en un ambiente tecnológicamente preparado a la utilización de simulaciones, juegos de rol, teatralizaciones y juegos participativos para enfrentarse a temáticas actuales, y, a través de discusiones guiadas, estimular la focalización de un problema específico y las reflexiones personales sobre el tema. Dichas estructuras adquieren un rol importante de función educativa en la óptica del *lifelong learning*.

Finalmente, no se pasa por alto el hecho de que trabajar con expertos externos al mundo de la escuela puede hacer que la actividad sea más estimulante y que el alumnado se implique más, porque tienen así un modo de percibir cómo su trabajo y su formación se tienen en cuenta incluso en un contexto más amplio que el microcosmos de la clase. Los testimonios externos llevan a cabo el rol de consejeros y facilitadores, sin asumir la carga de la evaluación de los rendimientos escolares, logrando crear una relación más libre y espontánea con los estudiantes, adecuada para hacer que emerjan actitudes e intereses que a menudo permanecen sumergidos y no reciben su justo reconocimiento en el ámbito escolar.

Es importante además que cada una de las escuelas, para responder a las exigencias de aprendizaje en una sociedad en rápida evolución, construyan redes de investigación y compartan buenas praxis con otras instituciones educativas, saliendo de la clausura auto-referencial en las que se encontraban en épocas anteriores a la regulación de la autonomía escolar.

La posibilidad de interactuar con otros docentes que operan en contextos diferentes, sea por la tipología del alumnado, sea por la organización del centro, hace más productiva la puesta en común sobre las elecciones de didáctica disciplinar y general.

Es fundamental que la puesta en común del currículum supere el límite de la discusión sobre los saberes específicos, a los que de igual forma se les reconoce su rol como cimientos irrenunciables sobre los que se construye la estructura de las competencias transversales.

Actualmente es prioritario actualizar la reflexión sobre los meta-conocimientos, sobre las estrategias de enseñanza y de aprendizaje dirigidas a la valoración de la experiencia del laboratorio, sobre la puesta a punto de espacios formativos que potencien el estudio metacognitivo en el ambiente escolar y en el ambiente extraescolar: aula/ciudad y aula/naturaleza.

La puesta en común dentro de redes de escuelas debe lanzarse a la constitución de equipos de proyecto en los que los docentes puedan tener ocasión de reflexionar de manera compartida y participativa en la idea y la realización de actividades didácticas que sepan responder de modo eficaz a las exigencias de una sociedad compleja y caracterizada por el derrumbamiento de los límites en la aldea global que surge en la red



informática. Al derrumbamiento de los límites se le suma, aun así, el acentuarse de las diversidades, que adquiere un carácter de discriminación social que aventaja a quien tiene los medios para construirse las competencias necesarias para vivir siendo el protagonista de su propia vida social.

El profesor solo no puede responder a la demanda de recuperar el rol de agente educativo de la escuela. Las redes de profesores dentro de un mismo centro, aunque mejor si son transversales y se implican diversos centros, pueden ayudar a redefinir el perfil que debe caracterizar la profesión docente.

### **Hacia un nuevo perfil de docente**

A la luz de dichas premisas, se vuelve indispensable preguntarse cuál debe ser el perfil del docente en una escuela que ha cambiado tan rápidamente y que quizás ya no responde a las necesidades reales de los alumnos. Diferente es, de hecho, la figura del profesor, cada vez más alejada de la imagen romántica de la maestra, de no hace tantos años:

“Primeros de octubre [...]. Está frente a los niños, tierna, inmensa, divina; así aparecía la maestra, una mujer que parecía no tener edad, antigua e inmortal, sonriente y severa. La maestra, luz absoluta, quizás todavía más hermosa que nuestra madre, detentora de todo saber y de toda justicia [...]. Ahora las cosas han cambiado. La escuela comienza un día cualquiera, que cambia de un año a otro. Las maestras son al menos tres. Los niños llevan la ropa cubierta de marcas y de manchas, y a menudo son regordetes, y ya no se ponen en fila, y gritan demasiado. La escuela empieza, pero se parece demasiado al caos del mundo, y los niños parecen ya pequeños adultos, parecen ya descontentos”. (Lodoli, 2006).

Como educador consciente de la responsabilidad social y política de la profesión docente, cada profesor tiene el deber de redescubrir una *ética de la educación* y tiene el deber de repensar la propia *identidad profesional* para avanzar hacia un nuevo modo de vivir su propio rol.

No basta con seleccionar los contenidos que se proponen, sino que es necesario reflexionar sobre las estrategias didácticas que hay que adoptar para vehicular los conocimientos y favorecer la *motivación* para el estudio aumentando su atractivo (Consejo Europeo de Barcelona 2002: objetivo estratégico 2 «Facilitar a todos el acceso a los sistemas de educación y de formación; objetivo conectado 2.2 «Aumentar el atractivo del estudio»).

Para salvar la distancia entre lo que se aprende en la escuela y lo que es, en cambio, la vida de todos los días, es necesario repensar la proyección curricular, centrándonos en la programación por *competencias*, que no es alternativa a los saberes entendidos como conocimientos disciplinarios. Con la finalidad de que se desarrollen competencias que

vayan más allá de los conocimientos específicos y superen la yuxtaposición de las informaciones, son necesarios precisamente los saberes disciplinarios.

La construcción de aprendizajes, a través de la experimentación de actividades concretas y ligadas a la vida real, a través de momentos de proyección y de realización en pequeños grupos que implican la puesta en común y la participación en todas las fases de trabajo, permite superar el límite de la asimilación pasiva de conocimientos/informaciones y permite materializar las condiciones favorables para que los chicos puedan enfrentarse a situaciones inéditas, coordinando y diferenciando sus propios esquemas de acción.

Si la vida escolar está caracterizada por un modo de garantizar la educación para la resolución de problemas durante el aprendizaje de las diversas disciplinas, los esquemas de acción, activados para construir respuestas eficaces a situaciones complejas, se elaboran y se interiorizan hasta formar parte de la identidad de la persona.

La resolución de problemas no es una peculiaridad exclusiva de las matemáticas. La enseñanza de toda disciplina se puede establecer según una *didáctica para resolver problemas*, que se hace indispensable para la construcción de competencias transversales, las cuales son el resultado de experiencias puestas en práctica en situaciones inéditas y complejas que deben proponerse a los chicos.

Las competencias en las que hay que centrarse durante la proyección de la actividad a proponer al alumnado son:

- Expresar informaciones adecuadamente.
- Intuir.
- Imaginar.
- Plantearse problemas.
- Resolver problemas.
- Proyectar modelos de situaciones reales. – Construir modelos de situaciones reales.
- Realizar elecciones en situaciones de incertidumbre.

En este escenario, el perfil del docente debe corresponderse con una figura poliédrica, que sepa asumir el rol de guía, de punto de referencia, de facilitador y mediador, dentro de la clase y para cada alumno.

Una figura que lleva a cabo también otra importante tarea: se mide con la investigación a todos los niveles, en ámbito científico-cultural y en el ámbito didáctico-pedagógico, pero,

a la vez, verifica en la práctica didáctica de todos los días la eficacia y la validez del modelo escogido moviéndose según la praxis de la *investigación-acción*. El docente por tanto evalúa, no solo los resultados de sus propios alumnos, sino también el impacto de sus elecciones en los procesos de aprendizaje de los chicos, teniendo la humildad y la valentía de revisar el proyecto de trabajo, asumiendo una parte de responsabilidad respecto al aprendizaje del alumnado.

Es importante además saber encontrar el equilibrio justo entre garantizar la adquisición irrenunciable de los saberes de base por parte de todos y ofrecer a cada uno de ellos la posibilidad de recorrer su propia trayectoria personal.

Cada uno de los alumnos debe tener las condiciones para poder escoger la profundización en lo que responde en mayor medida a sus propias aptitudes y a sus propios intereses, con el fin de que pueda llevar a cabo el desarrollo del talento encerrado en cada sujeto, y demasiado a menudo sacrificado a favor de una acumulación acrítica y estratificada de informaciones.

Es importante que el docente aprenda a planificar en equipo, a coordinar y a gestionar proyectos y a documentar su propio trabajo en un perenne diálogo consigo mismo, con el alumnado, con otras figuras profesionales: colegas, expertos externos al mundo de la escuela, entes; todo ello con la implicación de las familias en la etapa educativa.

Así, cada una de las disciplinas se convierte en un verdadero instrumento formativo al servicio de los docentes para alcanzar objetivos de aprendizaje, sea tanto en el plano cognitivo como en el relacional.

## SEGUNDA PARTE

Modelos  
operativos  
o  
Aplicaciones  
prácticas



## SEGUNDO CAPÍTULO

### Algunas consideraciones antes de desarrollar las aplicaciones prácticas

“Es inútil mostrarle a nadie la verdad. Para convencerle, hay que ir a buscarlo allí donde se encuentre; y después encontrar el camino adecuado para conducirlo hasta donde estamos”.

*Ludwig Wittgenstein*

El término «experimentar» ha asumido ya un significado más amplio, no limitado solo a una acción desarrollada en un espacio físico preparado, como puede ser el laboratorio de ciencias de la escuela o el laboratorio didáctico propuesto por los museos científicos. Por laboratorio se entiende, de hecho, una suma de actividades estructuradas en un proyecto que explora temáticas de amplio alcance a través de una operatividad cognitiva que se funda en la ejercitación del pensamiento y que le atribuye al aprendizaje basado en la experiencia concreta un rol central en la constitución de los saberes.

Con la finalidad de que los saberes no se queden en meros conceptos adquiridos y almacenados, es importante favorecer el *conocimiento metacognitivo*, aquello que Mayer (1998) llama *metaskill*, y que ejerce un rol fundamental en la formación del pensamiento.

Partiendo de esta convicción se propone en este texto un acercamiento fenomenológico-operativo que tiene en el constructivismo la principal referencia pedagógico-metodológica. Los alumnos se convierten en sujetos activos en la construcción de sus propios conocimientos a través de una *operatividad cognitiva* y no solo manual; los fenómenos que se estudian no se proponen solo por su pertenencia a una disciplina específica, sino también en relación a su accesibilidad cognitiva y a su significación.

Los fenómenos se deben observar y estudiar, se formulan hipótesis y experimentaciones para entenderlos a fondo, razonando sobre ellos, para hacer que las observaciones relativas a los hechos se conviertan en conceptos.

Es fundamental que a un primer momento de experimentación-observación le siga un segundo momento de *reflexión* sobre la experiencia realizada (identificación de diferencias, semejanzas, relaciones, conexiones causales, descripciones de lo que ha sucedido que sea significativo). El mero acto de mirar o de experimentar, óptimos para la motivación, no produce construcción de conocimiento o un proceso de conceptualización; lo que debe interesar de los fenómenos (además de sorprender) no es solo su vertiente estética o «mágica», sino su fenomenología lógica, la red de conexiones que se puede construir; esto no sucede en la experiencia, sino en la reflexión sobre ella, que se realiza a través de la mediación lingüística.

Así, se hace indispensable la fase de narración, de puesta en común, de debate colectivo con la posible revisión de nuestras propias convicciones y observaciones. Tras la puesta en común cada uno corrige, modifica, integra a la luz de la discusión su conceptualización anterior. La conceptualización no consiste, de hecho, en un listado de aspectos perceptivos, sino en su concatenación en una trama narrativa.

El objetivo final de la enseñanza no es crear pequeños científicos, sino crear una mentalidad científica que sea duradera para los futuros ciudadanos, de tal manera que sepan vivir de un modo activo, crítico y responsable su participación en la vida social.

En los ejemplos de experimentación recogidos, el ambiente adopta un rol fundamental: en el ambiente natural, aunque también en el artificial, las actividades didácticas pueden estar deslocalizadas y los objetos/fenómenos que hay que interpretar, dentro de precisos sistemas de referencia, permiten la percepción, la exploración, la construcción de significados y de relaciones espacio-temporales indispensables para la construcción de competencias duraderas y estructuradas.

Las propuestas operativas deben interpretarse como un telón de fondo integrador que conecte la experiencia de lo real con las estructuras mentales individuales de los alumnos, sujetos del aprendizaje, facilitando su coordinación recíproca y su propia organización cognitiva.

Los proyectos didácticos, que recogen también la necesidad de salidas de campo, proporcionan la ocasión de vivir una experiencia implementando el capital didáctico; las ventajas formativas se demostrarán fácilmente cuando el sujeto aprenda a conocer el objeto en examen desarrollando a la vez la consciencia de la relación entre él mismo y el ambiente en el que actúa.

Las propuestas didácticas, que se proyectan orientadas hacia la experimentación, permiten, en resumen, conjugar la necesidad de identificación con la necesidad de personalización; por lo tanto, llevar a cada uno de los alumnos a alcanzar objetivos de aprendizaje comunes en relación a competencias consideradas indispensables para la formación del ciudadano y, como tales, irrenunciables, pero también a favorecer en cada alumno el desarrollo de su propio talento.

Las propuestas operativas descritas en los próximos tres capítulos no pretenden ser un escaparate de buenas praxis didácticas. Deben ser leídas como una invitación a repensar la propia organización didáctica a favor de un planteamiento de laboratorio, que tenga en cuenta la realización de una enseñanza eficaz no solo en términos de adquisición de conocimientos, sino, sobre todo, en la óptica de una educación en el pensamiento crítico, que fomente la asunción de responsabilidad y la adquisición de un método de trabajo útil para saber recoger los desafíos que impone el actual mercado de trabajo.

Esta segunda parte del volumen recoge tres propuestas operativas o aplicaciones prácticas que representan algunos ejemplos de proyectos basados en la experimentación: uno está dedicado a grupos de la escuela primaria y los otros dos a la enseñanza secundaria de primer ciclo. Los ejemplos nacieron del análisis de un problema o situación que presenta un fuerte vínculo con el contexto de vida de los alumnos, pasando de la realidad histórico-geográfica a la del simple día a día en el que los alumnos están inmersos. Estos prevén varias tipologías de actividades de laboratorio que se desarrollan a través de la organización de grupos de trabajo (equipos de proyecto) en los que cada uno de los componentes asume roles específicos, manteniendo siempre viva la puesta en común y la interacción con el grupo grande. Un punto fuerte, este, no solo para una adquisición válida de saberes, sino también para la consecución y la consolidación de competencias y habilidades sociales que deben considerarse como objetivos fundamentales para la proyección de las actividades didácticas, independientemente de la disciplina que sea objeto de estudio.

Los proyectos didácticos son descritos haciendo un listado de las diversas fases a través de las cuales se desarrollan, explicitando las acciones que los estudiantes llevan a cabo; se señalan además las distintas operaciones mentales, tanto generales como parciales, activadas por los niños y los adolescentes en cada fase y que les permiten alcanzar un aprendizaje real.

Los dos proyectos: «Los glaciares: factores modeladores del territorio e importantes indicadores de las variaciones ambientales» y «Geométricamente», han sido experimentados realmente por algunos grupos de clase, por tanto las operaciones mentales que se citan han sido registradas en el transcurso de la acción del docente que ha llevado a cabo la experimentación y resultan seguramente más específicas, aunque se resienten, a la vez, de su mediación didáctica.

El tercer proyecto, «Arte prehistórico: las pinturas rupestres de Riparo Dalmeri. Ejemplo de arqueología imitativa», no ha sido documentado de una manera completa por ningún docente en la escuela primaria; es una propuesta didáctica, y las operaciones mentales descritas, que asumen un carácter más «general», deben interpretarse como una posible guía y deben estar sujetas a su verificación e implementación en la fase de experimentación real. Este proyecto sí ha sido realizado, aunque parcialmente, en un Instituto de Arte<sup>1</sup>; la descripción de la experiencia, de las actividades realizadas y de las operaciones mentales activadas proporcionan un ejemplo de cómo puede llevarse a cabo y de las posibilidades de transferencia de esta propuesta.

<sup>1</sup> En España equivalente a un bachillerato Artístico [N. Trad.].





## TERCER CAPÍTULO

### Los glaciares

Factores modeladores del territorio e importantes indicadores de las variaciones ambientales

**PROYECTO DE APRENDIZAJE:** Una propuesta didáctica de experimentación en el ámbito de las Ciencias Naturales.

**EDAD ACONSEJADA:** Alumnado de 13-14 años<sup>1</sup>.

### Premisa

Este proyecto didáctico se desarrolló con alumnos de Secundaria de 13-14 años, durante todo un curso escolar. Los adolescentes pudieron llevar a cabo una verdadera transformación de su rol: de receptores pasivos de informaciones transmitidas por un único docente a constructores activos de su propio saber, también a través de la puesta en común con otros docentes y figuras que, con distintas funciones, operan sobre el territorio en el campo educativo y divulgativo.

El encuentro con expertos y la realización de salidas en las que el ambiente natural se vive como un «laboratorio perenne» a explorar para descubrir sus secretos, pero también para aprender a respetarlo identificando los factores de riesgo ligados a las acciones del ser humano, ha permitido reforzar el vínculo con el propio territorio, tomar conciencia del rol que cada uno tiene dentro del ecosistema Tierra y la necesidad de adquirir comportamientos ecológicamente responsables.

En esta propuesta operativa, por tanto, ha habido la posibilidad de señalar y documentar las operaciones mentales activadas realmente por los estudiantes en las diversas fases de la experimentación.

En la descripción de las fases del proyecto se subrayan las operaciones mentales registradas en los alumnos en el momento real de aprendizaje. Estas se articulan de manera que se haga evidente la complejidad procedimental del aprendizaje mismo, indicando los pasajes analíticos, testimonios de las operaciones mentales parciales que entran en juego.

En este caso específico, por lo tanto, las operaciones mentales, sobre todo las parciales, pasan a través de la inevitable mediación didáctica del docente que ha realizado el proyecto.

Las *acciones didácticas*, los *contenidos disciplinares y transversales* abordados en el desarrollo de este proyecto experimental siguen una sucesión progresiva, no directamente

vinculante para quien quiera realizar la experiencia, y se explicitan en la [tabla 3.1](#), subrayando algunas *operaciones mentales* que se refieren a ellos.

A la hora de seguir esta tabla es necesario privilegiar las *modalidades dinámicas de trabajo* que superen la transmisión unidireccional del saber, previniendo la interacción con el estudiante al que se le pide, concretamente, que active una serie de operaciones mentales en parte parciales, a través de diversas estrategias.

En particular, a la hora de llevar adelante las distintas fases de trabajo se hace referencia a las siguientes estrategias didácticas:

- *Investigación de campo*: se visita el ambiente para observarlo, reconocerlo, explorarlo, recoger datos («ambiente» entendido como un laboratorio al aire libre).
- *Problematización*: identificar un problema, identificar sus causas, formular hipótesis, construir estrategias para su resolución evaluando su aplicabilidad y escogiendo la más eficaz, identificar las consecuencias de las propias elecciones.
- *Debates* entre iguales y con expertos.
- *Preguntas abiertas* planteadas a los alumnos para que expresen opiniones, argumentaciones y conjeturas.
- *Entrevistas* realizadas por los adolescentes que estén dirigidas a expertos, personajes de la política local, otros adolescentes, ciudadanos.
- *Juegos de rol y simulaciones* en las que se expresen, se impliquen, se documenten, se posicionen y asuman la conciencia de comportamientos sociales y políticos que haya que adoptar para preservar los glaciares.

Para cada una de las estrategias didácticas se subrayarán las operaciones mentales efectivamente registradas en los estudiantes.

TABLA 3.1

### **Acciones didácticas, contenidos disciplinares y transversales. Operaciones mentales**

#### **ACCIONES DIDÁCTICAS, CONTENIDOS DISCIPLINARES Y TRANSVERSALES**

#### **OPERACIONES MENTALES**

Reconocimiento de los indicios, destacables en el territorio próximo al estudiante, que testimonien la presencia pasada o reciente de glaciares o lenguas glaciares (valles en artesa, depósitos de morrenas, valles colgados, circos glaciares, etc.)  
Reconstrucción de la presencia de glaciares en el territorio de

***Observar-describir***

la Sierra de Gredos<sup>2</sup> durante la última glaciación; destacar, en una escala mayor, los testimonios dejados por las eras glaciares pasadas

***Comparar-interpretar***

Estudio del hielo: características químico-físicas (estado sólido del agua) y su rol en el ciclo del agua

***Experimentar:  
reflexionar-formular  
hipótesis aplicando el  
método científico***

Observación de los copos de nieve e interpretación matemática de su forma (fractales)

***Escuchar-observar-  
describir-interpretar***

Identificación de los factores indispensables para la formación de los glaciares

***Plantear hipótesis-  
comprender-generalizar  
las tesis-conocer los  
modelos***

Distribución de los glaciares por el planeta, estado actual de los glaciares y «estado de salud» de los glaciares en la Sierra de Gredos

***Interpretar-evaluar-  
reflexionar***

Comprensión de la importancia de los glaciares en el ecosistema Tierra

***Formular hipótesis-  
conocer  
modelos reflexionar***

Comportamientos sociales y políticos a adoptar para conservar los ambientes glaciares

***Reflexionar-evaluar-  
exponer y comunicar-  
producir (variaciones en  
el comportamiento  
personal)***

## **Descripción**

### *Fases de trabajo*

#### ● **FASE 1: ACTIVAR LA MOTIVACIÓN**

Esta primera fase es importante para impulsar la reflexión sobre las vivencias de los estudiantes y debe considerarse como una premisa fundamental para enfrentarse a continuación a las demás. El estudiante se encuentra reconstruyendo *su* experiencia, reflexionando sobre *su* relación con el territorio y sobre las percepciones que tiene de este.

Esta base de partida le permitirá enfrentarse a todo el proyecto de un modo más consciente y motivado, ampliando gradualmente la óptica, desde las dimensiones locales del problema a sus dimensiones globales.

Para el docente es un instrumento indispensable para conocer las representaciones mentales de los estudiantes y, a la vez, dar al proyecto una actualización interactiva y muy atractiva que lo sitúa como un mediador entre el conocimiento ingenuo del alumno y el conocimiento científico.

● *Lluvia de ideas: palabra clave «territorio»*

- ¿Qué es para vosotros el territorio?
- ¿Qué significa «conocerlo»?
- ¿Cómo cambia en el tiempo?
- ¿Cuáles son los factores que lo caracterizan?

Durante el debate guiado y centrado en un tema específico, los estudiantes activan una serie de operadores mentales que caracterizan la fase de exploración de la lluvia de ideas:

- Toman conciencia de sus propios conocimientos en relación al territorio en el que viven.
- Comparan los términos utilizados y los conceptos ligados a estos.
- Comparten un lenguaje específico.
- Construyen una definición compartida (mediación) de la palabra clave escogida.

A través del debate se identifican los aspectos del territorio que hay que analizar (geología, geomorfología y glaciología) y se focaliza la problemática que hay que desarrollar en el proyecto de especialización: los glaciares y su rol en el modelado geomorfológico y en el equilibrio ambiental.

Se entra así en la fase generativa de la lluvia de ideas con la activación, por parte de los estudiantes, de estos operadores mentales:

- Argumentan sobre los temas que se examinan exponiendo sus propias ideas.
- Escuchan las propuestas y las ideas de los demás.
- Identifican problemáticas ligadas al tema que es objeto de estudio.
- Ponen en acto la mediación para llegar a compartir una problemática eficaz y que sea de interés para proponer y desarrollar en el proyecto didáctico (el rol de los glaciares).

● *Rompiendo el hielo*

Se utilizan imágenes incisivas, fotografías que centren la atención en el objeto estudiado, que provoquen el debate, susciten hipótesis e interpretaciones. Se trata de usar imágenes en lugar de palabras-clave, para favorecer la observación y la construcción de las imágenes mentales que hay que asociar a términos específicos correspondientes que se proponen en un segundo momento.

Las fotografías a proponer pueden ser: valles glaciares en comparación con valles fluviales, depósitos de morrenas, valles glaciares originados en tipologías litológicas diferentes (rocas graníticas o sedimentarias), imágenes que sean testimonio del fuerte impacto ambiental que las acciones humanas tienen incluso en áreas glaciares; fotografías de glaciares tomadas en el pasado en comparación con fotografías de las mismas áreas en tiempos actuales, etc.

El recurso a este tipo de comunicación es útil cada vez que se quiere revitalizar la motivación. Durante este tipo de actividad los estudiantes:

- Observan y describen una imagen.
- Comparan la imagen propuesta con sus imágenes personales de memoria visual relativas a distintos aspectos de su propio territorio.
- Identifican correctamente las problemáticas ligadas a imágenes emblemáticas relativas al tema que es objeto de estudio.

## ● **FASE 2: CONSTATAR CUÁLES SON LOS CONOCIMIENTOS DISCIPLINARES Y LAS REPRESENTACIONES MENTALES**

### ● Cuestionarios para explorar las ideas previas

El cuestionario se utiliza en esta fase para constatar cuáles son los conocimientos disciplinares y las representaciones mentales de los estudiantes relativas al tema de estudio. Se debe construir *ad hoc*, en base a las características de la clase y de lo que el profesor quiera hacer emerger en lo que atañe a los conocimientos previos. Por tanto es importante salir de la lógica del uso de cuestionarios elaborados previamente presentes en los libros de texto, reconociendo que la construcción de un cuestionario no es algo banal: debe estar bien calibrado, prever respuestas que vayan de lo negativo a lo positivo, en su justo equilibrio, evitando toda ambigüedad o redundancia en las preguntas, proponiendo preguntas relativas a un mismo ítem con términos diferentes y en distintos puntos del cuestionario y teniendo el cuidado de escoger los términos que se usen en las preguntas de modo que no influyan en las respuestas.

Dado que la indagación se da en una fase inicial del proyecto didáctico, es importante insertar cuestiones abiertas que estimulen a los estudiantes a expresar sus pareceres o a describir comportamientos, con el único objetivo de hacer que emerjan los problemas

que uno se debe plantear para delinear el plan de investigación. Los estudiantes:

- Explicitan conscientemente sus propios conocimientos en relación al tema escogido.
- Analizan y describen sus propios comportamientos.
- Argumentan y justifican.

● **FASE 3: CONSTRUCCIÓN DE SABERES DE BASE EN TORNO A UNO DE LOS EJES QUE SUSTENTA EL PROYECTO. EL ESTUDIO DE LAS ROCAS**

Los estudiantes deberían conocer ya los conceptos básicos relativos a los minerales, a las rocas y al ciclo de las rocas; dominar el concepto de tiempo geológico y conocer las características de las principales eras geológicas.

● **Laboratorio: minerales y rocas de la Sierra de Gredos**

La actividad de laboratorio que se propone prevé:

- Observación de muestras de roca y comparación (características macroscópicas).
- Descripción y representación.
- Construcción de modelos.
- Utilización de una clave dicotómica simple para el reconocimiento de las rocas.
- Reconstrucción de la columna estratigráfica simplificada de las principales rocas presentes en la sierra, adaptada a los lugares de formación (representados con imágenes).

A través de esta práctica de laboratorio los estudiantes activan las siguientes operaciones mentales:

- Observan muestras de minerales y rocas y las describen.
- Reconocen y distinguen algunas características físicas y químicas relativas a las muestras que se examinan.
- Establecen comparaciones, identifican semejanzas y diferencias.
- Miden dimensiones físicas simples y aplican, con atención, las fórmulas matemáticas adecuadas para recoger algunos pesos específicos de rocas.
- Reelaboran las informaciones científicas recibidas para reconstruir los ambientes de génesis de las rocas observados (todas las muestras son representativas de la sucesión

estratigráfica simplificada presente en la Sierra de Gredos).

#### ● **FASE 4:** EL ENTORNO COMO UN LABORATORIO AL AIRE LIBRE. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

##### ● Excursión al territorio

El objetivo principal de la actividad es aprender a identificar la morfología glaciar en un entorno natural para reconstruir la presencia de los glaciares durante la última glaciación en la Sierra de Gredos. La salida se debe preparar previamente, a través de inspecciones sobre el terreno, para seleccionar el área más adecuada, de modo que sea posible observar y estudiar el mayor número posible de características geológicas y morfológicas (afloraciones rocosas representativas, valles de origen glaciar, valles colgados, etc.).

Los estudiantes deben saber leer e interpretar un mapa topográfico y leer un mapa geológico simplificado. Durante la excursión es posible consolidar y profundizar en esa competencia.

Otros desarrollos para proponer en clase o en casa se pueden recoger de lecturas o investigaciones bibliográficas sobre la reconstrucción de la extensión glaciar en Gredos durante la última glaciación de la Prehistoria. Durante esta fase, los estudiantes:

- Observan.
- Describen.
- Comparan.
- Se plantean preguntas.
- Utilizan los conocimientos científicos en su haber para proponer respuestas o hipótesis de resolución.
- Recogen muestras de rocas para compararlas con aquellas observadas en el instituto.
- Clasifican.
- Identifican, fotografían y comparan los aspectos geomorfológicos del paisaje y los describen con lenguaje científico o representaciones icónicas.
- Concentran las observaciones sobre la geomorfología de origen glaciar presente en el área de estudio.
- Distinguen lo que es de origen natural y lo que es de origen antrópico.



- Constatan cuáles son las áreas modeladas por el hielo en la última glaciación.
- Reconstruyen la extensión de glaciares en la zona donde viven.
- Saben identificar correlaciones interdisciplinarias.

Esta fase de inmersión y de exploración del territorio puede considerarse como un puente que conecta las actividades de constatación de las representaciones mentales con el proyecto de investigación posterior; se pasa de la identificación de una serie de problemas abiertos que emergen de la vivencia de los estudiantes y que se integran con las observaciones, las curiosidades y las preguntas suscitadas por la excursión, al «dónde» y al «cómo» encontrar las respuestas, por tanto, a la necesidad de consultar nuevas fuentes o expertos para proseguir con la investigación.

Esta manera de proceder puede hacer que los estudiantes se impliquen mucho más y estén más motivados, porque no se propone todo *a priori*, sino que trata de que surja, a través de ampliaciones graduales, la necesidad de conocer.

#### ● **FASE 5:** CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTOS DISCIPLINARES ESPECÍFICOS. EL HIELO Y LOS GLACIARES

Los estudiantes han tenido ya la ocasión de estudiar los cambios de estado y el ciclo del agua. Para focalizar su atención en el hielo, se efectúan algunos experimentos simples que reproducen la solidificación del agua evidenciando las características químico-físicas del hielo.

Para comprender mejor el rol fundamental de los glaciares en las variaciones climáticas globales se puede reproducir el simple, pero significativo, experimento que se propuso, en ámbito internacional, como una actividad didáctica a realizar en concomitancia con la inauguración del Año internacional de las Regiones Polares (IPY) celebrada en París en marzo del año 2007 ([www.ipy.org](http://www.ipy.org)).

#### ● Práctica de laboratorio: experimentando con hielo

La actividad que se propone prevé que cada grupo de estudiantes tenga a su disposición:

- Un plato hondo o una bandeja para dulces.
- Mondadientes.
- Un bloque de plastilina.
- Algunos cubitos de hielo.

- Una bolsa térmica o bien la posibilidad de acceder a una nevera con un congelador para la conservación de los cubitos de hielo.
- Agua del grifo a temperatura ambiente.
- Papel *film* transparente para conservar alimentos.

Con este material es posible realizar dos experimentos:

• **Experimento 1:** ¿si los icebergs se derriten se eleva el nivel del mar?

Cada grupo de estudiantes utiliza un recipiente (plato hondo o bandeja) y un bloque de plastilina:

1. En el fondo del recipiente se modela el bloque de plastilina de manera que simule un continente, aplastando bien los bordes contra el fondo.
2. Se añade agua hasta cubrir solo parcialmente el modelo de continente.
3. Se ponen en agua 2 o 3 cubitos de hielo para simular los icebergs.
4. Se hace una marca del nivel del agua en el continente incidiendo ligeramente en la plastilina con un mondadientes o con la punta de un lápiz.
5. Se cubre el recipiente con el papel film para prevenir la evaporación y la dispersión de parte del agua.
6. Se observa el nivel del agua mientras el hielo se derrite.

• **Experimento 2:** ¿Si se derriten los glaciares y los casquetes polares, se eleva el nivel del mar?

Cada grupo de estudiantes utiliza el modelo construido en el experimento anterior:

1. Se colocan 2 o 3 nuevos cubitos de hielo en el continente para simular la presencia de glaciares y casquetes polares.
2. Se recubre con papel film el recipiente y se espera a que los cubitos de hielo se derritan.
3. Se observa el nivel del agua después de que se hayan derretido.
4. Se comparan los resultados de los dos experimentos para responder a la siguiente pregunta: «¿El derretirse de los icebergs tiene las mismas consecuencias que el derretirse de los casquetes polares y de los glaciares?».

5. Cada uno de los grupos argumenta su propia respuesta.

Los estudiantes, durante esta práctica de laboratorio, activan las siguientes operaciones mentales:

- Comprenden explicaciones simples y las traducen en la construcción de un modelo concreto.
- Reconocen un mismo elemento, el agua, en sus distintos estados físicos.
- Conocen las dimensiones necesarias para su caracterización en estado sólido y las comparan con aquellas referidas a su estado líquido.
- Utilizan de un modo apropiado los términos específicos (densidad, temperatura de fusión, temperatura de solidificación).
- Observan el distinto comportamiento del agua respecto a las variaciones de temperatura y lo describen.
- Efectúan mediciones simples y directas de las dimensiones físicas con los instrumentos adecuados.
- Se plantean preguntas pertinentes respecto a las problemáticas tratadas y, en particular, toman consciencia de las consecuencias derivadas del derretirse de los glaciares y de los casquetes polares.
- Se orientan en la búsqueda de informaciones relativas a la temática discutida (como, por ejemplo, las medidas propuestas por diferentes países para reducir el calentamiento global).
- Comparten las informaciones encontradas y las debaten con los compañeros.
- Proponen hipótesis de resolución de las temáticas identificadas, compartiéndolas con los compañeros.
- Analizan su propio comportamiento y proponen las modificaciones posibles.

● Práctica de laboratorio: ¿qué forma tiene un copo de nieve?

A menudo, en la naturaleza, se observan fenómenos particulares que no son atribuibles a las formas geométricas estudiadas por Euclides o conocidas por la mayor parte de nosotros. Existen, de hecho, algunas estructuras, orgánicas e inorgánicas, que pueden explicarse con formas geométricas bastante complicadas que se llaman *fractales*. Estas

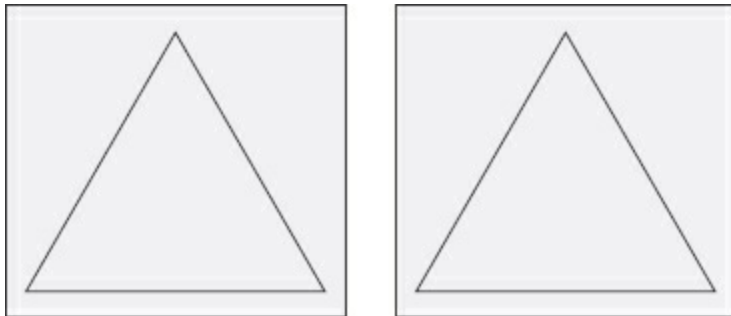
formas extrañas y caóticas describen elementos y fenómenos de la naturaleza tales como árboles, cortezas, raíces, litorales y terremotos, y tienen aplicaciones en la astronomía, la economía, la meteorología, la neurofisiología y la cinematografía.

Los fractales describen también la forma de los copos de nieve, que depende de las condiciones en las que se forman. La temperatura y la humedad determinan la forma de los cristales, pero es imposible hallar dos copos de nieve idénticos. Se puede pasar de una forma simple, hexagonal, a una forma compleja a través de un proceso geométrico que se puede reproducir en clase, conjugando las ciencias naturales y las matemáticas y aprovechando la ocasión para constatar que las matemáticas describen objetos del mundo real.

El material necesario para cada alumno, si el trabajo se propone de manera individual, o para cada pareja, si se prevé hacer que trabajen en parejas, es muy simple: lápiz, goma de borrar, compás, cartulina, tijeras, regla y pegamento.

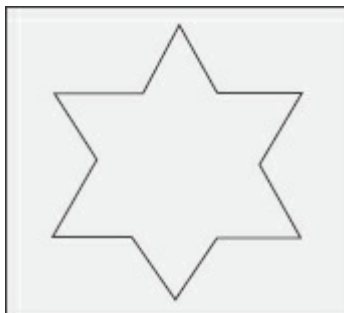
El procedimiento es el siguiente:

1. Utilizando la cartulina, el compás y las tijeras, se construyen dos triángulos equiláteros iguales:



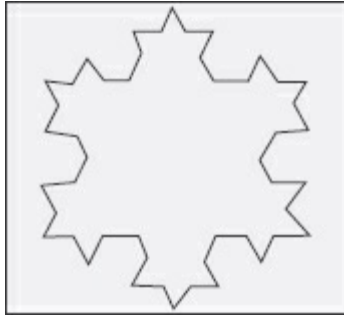
2. Se divide cada lado en tres segmentos de idéntica longitud.

3. En correspondencia con el segmento central de cada lado, se superpone el segundo triángulo con el vértice opuesto al vértice del primero. Se pegan los dos triángulos de manera que se obtenga la siguiente figura:



4. Cada punta de la estrella representa un triangulito. Para cada triangulito se dibuja sobre una cartulina y después se recorta un triángulo que tenga las mismas medidas. Con cada uno de los seis triángulos obtenidos se repite el mismo procedimiento:

- a) Se divide cada lado de la punta de la estrella en tres segmentos de idéntica longitud.
- b) En correspondencia con el segmento central de cada lado, se superpone el triángulo que se acaba de construir, con el vértice opuesto al vértice que representa la punta de la estrella. Se pega de modo que se obtenga la siguiente figura:



La «curva del copo de nieve» se genera repitiendo *ad infinitum* este procedimiento: de este modo, el perímetro crece continuamente, mientras el área tiende hacia un valor constante, igual a una vez y  $\frac{3}{5}$  el área del triángulo de partida. Para comprenderlo, basta con imaginar que la construcción se da dentro de una circunferencia de una determinada longitud y por tanto de área definida. Si se piensa en la generación del copo de nieve en estas condiciones, es fácil entender que el área no puede aumentar más allá de un determinado valor, mientras que el perímetro puede aumentar hasta el infinito, si se amplifican las irregularidades de los bordes de la figura que se está generando (Stewart, 2003).

Durante esta actividad los estudiantes:

- Escuchan y comprenden los enunciados.
- Memorizan la correcta secuencia de las acciones y las traducen en la construcción de un modelo concreto.
- Efectúan mediciones directas y simples de dimensiones físicas (longitudes) con los instrumentos adecuados.
- Aplican las fórmulas matemáticas correctas para constatar las propiedades particulares del modelo obtenido.
- Interpretan correctamente el modelo constituido y lo asocian al ejemplo real del copo de nieve.

- Comprenden el vínculo entre la regla matemática y la forma geométrica.

### ● Rompiendo el hielo

Se contemplan imágenes de hielo, de glaciares de diverso tipo, de los mismos glaciares en años distintos y de morfologías de origen glaciar. El docente guía a los alumnos a través del proceso que explica el origen (génesis), la clasificación y la evolución de los glaciares, hasta llegar a la descripción de la sucesión de las eras glaciares.

Esta fase cinco resulta particularmente eficaz para la construcción de unos conocimientos específicos y de competencias transversales. En ella, los estudiantes:

- Observan imágenes de distintas tipologías de hielo y de glaciares y las describen con un lenguaje apropiado y usando términos científicos.
- Identifican los elementos que caracterizan los diversos glaciares, encuentran analogías y diferencias, formulan unas primeras hipótesis de origen y de clasificación.
- Comparan fotografías de paisajes glaciares caracterizados por geomorfologías de origen glaciar.
- Formulan unas primeras hipótesis sobre la distribución de los glaciares en épocas pasadas (eras glaciares que han modelado el territorio).
- Interpretan y reelaboran las informaciones que el profesor ha dado.
- Explicitan y comparten las preguntas y las dudas a propósito de los temas que han emergido.
- Reflexionan atendiendo a la necesidad de profundizar en los conocimientos científicos para buscar las posibles soluciones.

### ● FASE 6: ENCUENTRO CON UN TESTIGO CIENTÍFICO. EL GLACIÓLOGO

Es importante invitar a la clase a un científico, con el objetivo de que los adolescentes conozcan a un experto en ese campo, ajeno al mundo de la escuela, y así crear un vínculo fuerte con la realidad científica del territorio.

Conocer al glaciólogo es útil también pensando en la orientación profesional: los alumnos reciben, de hecho, informaciones sobre el tipo de trabajo que desarrolla, sobre cómo convertirse en glaciólogo, sobre qué posibilidades hay en su país para la investigación en el campo medioambiental y sobre las nuevas fronteras de la ciencia.

La acción didáctica asume el carácter de una práctica de laboratorio, dado que la clase se

convierte en un «taller» de nuevos saberes, con los adolescentes implicados en reflexiones y debates en los que el experto participa y hace de guía, de «maestro artesano del taller».

Los temas a tratar son los siguientes:

- ¿Por qué los glaciares son importantes desde el punto de vista del ecosistema Tierra, de los recursos y de la investigación científica?
- ¿Cómo se monitorizan?
- ¿Qué datos se recogen del estudio de los glaciares?
- ¿Qué instrumentos se utilizan durante el monitoraje (algunos instrumentos se traen a clase para que los alumnos puedan verlos y tocarlos) de los glaciares?
- ¿Cuál es el estado de los glaciares en nuestro país, de los europeos y de otros lugares del planeta?
- ¿Cómo están evolucionando los glaciares?
- Hipótesis sobre las causas de su retroceso.

El encuentro refuerza el vínculo con el propio territorio, que hospeda glaciares ya bastante deteriorados, pero que abre el horizonte también hacia otros lugares de la Tierra y estimula reflexiones sobre los comportamientos a adoptar por la ciudadanía de los países industrializados. Durante esta fase los alumnos:

- Escuchan el testimonio de un investigador científico-glaciólogo.
- Aprenden y comprenden nuevos términos científicos.
- Interactúan de manera constructiva planteando preguntas pertinentes.
- Recogen, sintetizan y transcriben los conceptos fundamentales aprendidos durante la intervención.
- Documentan la intervención con fotografías y redacciones.
- Argumentan, debaten y comparten.

## ● FASE 7: EL ENTORNO COMO UN LABORATORIO AL AIRE LIBRE. EL GLACIAR

- Excursión al territorio

Un lugar ideal para realizar una excursión didáctica, acompañados por un glaciólogo y un guía alpino es el entorno del área glaciar de Gredos, donde se encuentra el Pico de Almanzor y la laguna grande de Gredos. En dicha zona es posible:

- Observar el glaciar en su ambiente natural.
- Observar las huellas de su evolución pasada.
- Identificar en el lugar los elementos que caracterizan a un glaciar.
- Documentar con fotografías la situación actual.
- Realizar una comparación con documentos fotográficos del pasado que reproduzcan la misma área.
- Retomar la reflexión y el debate sobre el problema de la responsabilidad medioambiental, en concreto del glaciar.
- Redefinir las funciones del glaciar y comprender la necesidad de protegerlo.

En el entorno natural los estudiantes activan las siguientes operaciones mentales:

- Observan y distinguen las peculiaridades medioambientales presentes, utilizando las tablas de recogida de datos visuales.
- Hacen un listado y describen las características específicas del entorno explorado.
- Comprenden la necesidad de adecuar su comportamiento al contexto concreto (respecto al entorno).
- Advierten las fuentes de peligro que dependen del entorno en el que se encuentran.
- A través de la comparación con el guía alpino, adquieren informaciones útiles sobre el comportamiento a adoptar durante las excursiones para evitar poner en riesgo su propia vida y la de los demás.
- Reflexionan sobre las modalidades de trabajo y comprenden la importancia de adquirir informaciones y construir competencias en el ámbito científico para conocer mejor el propio territorio.

#### ● FASE 8: JUEGOS DE ROL

El docente propone un juego de rol con el siguiente tema:

*Una empresa privada quiere invertir potenciando las telecabinas y las pistas de esquí*



*en un glaciar. El territorio está dentro de un Parque natural.*

Después reparte los roles y dirige el juego. Los roles pueden ser individuales (alcalde, asesor medioambiental, asesor de turismo, empresario, científico, glaciólogo, ecologista, profesor, etc.) o bien de grupo (asociación de ciudadanos, etc.).

Esta actividad es una motivación fuerte para plantearse determinados problemas o buscar informaciones para resolverlos. Despierta la curiosidad y pone en evidencia el modo de pensar de los participantes, su capacidad para interactuar con los demás y el nivel de disponibilidad para representar roles distintos al propio. Estimula también la asunción de responsabilidad y favorece la participación en un modelo de ciudadanía activa.

El objetivo del juego de rol es llegar a una posición común que permita resolver la controversia propuesta a través de una acción de mediación. Durante esta actividad los alumnos implicados:

- Exponen sus propias ideas y las argumentan.
- Debaten respetando los tiempos y los turnos de palabra.
- Comparan ideas e hipótesis diversas.
- Toman decisiones y asumen su responsabilidad.
- Sostienen ideas y comportamientos, sintiendo en primera persona el impacto de las consecuencias de las decisiones tomadas.
- Participan activamente en la realización de un objetivo concreto y realista.
- Valoran el impacto medioambiental que tendría la realización de dicha empresa.

● **FASE 9: CONSTATAR LOS CAMBIOS PRODUCIDOS EN LOS CONOCIMIENTOS DISCIPLINARES, REPRESENTACIONES MENTALES Y COMPORTAMIENTOS**

● Cuestionario *ex post facto*

Se vuelve a proponer el cuestionario que se presentó al inicio del proyecto, para descubrir si la actividad didáctica ha producido cambios en las respuestas de los estudiantes, que puedan dar testimonio de una variación en las representaciones mentales y una modificación en los planteamientos y los comportamientos, en su modo de ser y relacionarse, así como en su modo de contemplar los fenómenos y aprender.

En esta última fase se comprueba si el aprendizaje ha sido significativo y no solo mecánico-acumulativo. A través del cuestionario, los estudiantes:

- Explicitan conscientemente sus propios conocimientos y comportamientos.
- Adquieren la consciencia de sus nuevas competencias disciplinares y transversales, construidas gracias a la actividad didáctica desarrollada.
- Adquieren la consciencia de que el proyecto didáctico que han realizado les ha proporcionado nuevas informaciones necesarias para asumir un rol activo y crítico en la sociedad.
- Comprenden la importancia del bien común y de la responsabilidad individual en relación al cuidado del planeta.
- Reconocen el valor de las ciencias como un instrumento gratificante para interpretar el mundo y la realidad con un planteamiento mental racional y crítico.

<sup>1</sup> En el original italiano se refiere al tercer año de la *Scuola Secondaria di primo grado* (13-14 años), en el sistema educativo español correspondería a 2º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) [N. trad.].

<sup>2</sup> En el original se cita el territorio de Trento; lo hemos adaptado para que la zona le sea más familiar al alumnado [N. de trad.].

## CUARTO CAPÍTULO

### Geométricamente

**PROYECTO DE APRENDIZAJE:** Una propuesta didáctica de experimentación en ámbito Científico-Matemático.

**EDAD ACONSEJADA:** Alumnado de 11-12 años<sup>1</sup>.

#### Premisa

El proyecto didáctico se dirige al alumnado de edades comprendidas entre 11-12 años y prevé un acercamiento a la geometría a partir de la observación y de la descripción de los objetos que nos rodean en la cotidianidad. La propuesta tiene como prioridad la atención al aprendizaje a través de una práctica de laboratorio que se realiza utilizando un material simple y accesible.

La experiencia que se propone a la clase se basa en preguntas y problemas que surgen de la observación y de las actividades de manipulación y construcción. Se parte de objetos reales para construir objetos geométricos, se observan las propiedades de los objetos geométricos y se utilizan los conocimientos geométricos adquiridos para describir objetos reales.

La experiencia y la verbalización a través del lenguaje natural preceden a la formalización y a la reflexión sobre sistemas de notación simbólica propios de las matemáticas y el planteamiento de problemas. Este es un ámbito metodológico considerado como fundamental, no solo para la actividad que aquí se propone.

Esta experiencia de laboratorio puede parecer aparentemente banal y muy sencilla de realizar, pero, tras las fases de observación y manipulación, requiere también de procesos de abstracción y formalización que a menudo son difíciles de reconocer en alumnos preadolescentes.

También este proyecto didáctico, como el anterior, se ha realizado efectivamente en la escuela, con clases de 6º de EP; ha habido, pues, la posibilidad de descubrir y documentar las operaciones mentales activadas realmente por los estudiantes en las diversas fases de la experimentación.

Las *acciones didácticas*, los *contenidos disciplinares y transversales* abordados a la hora de llevar a cabo este proyecto experimental siguen una sucesión progresiva y se explicitan en la [tabla 4.1](#).

TABLA 4.1

## Acciones didácticas, contenidos disciplinares y transversales. Operaciones mentales

### ACCIONES DIDÁCTICAS, CONTENIDOS DISCIPLINARES Y TRANSVERSALES

### OPERACIONES MENTALES

Observación de objetos del mundo real

**Observar-describir**

Clasificación de los mismos objetos en base a características geométricas

**Comparar-interpretar**

Comparación con modelos que reproducen figuras de la geometría euclídea

**Observar-describir-comparar-reflexionar**

Construcción de modelos utilizando material simple

**Producir**

Observación y descripción de los modelos contruidos

**Observar-describir-formular hipótesis-interpretar-reflexionar**

Paso del mundo tridimensional a las correspondientes imágenes en 2D

**Comparar-interpretar**

Construcción de los conceptos de superficie, perímetro y volumen

**Experimentar: formular hipótesis aplicando el método científico**

Dibujo de figuras planas y desarrollos planos de figuras tridimensionales

**Producir-interpretar-comprender**

Construcción, observación y manipulación con piezas de madera

**Producir-observar-interpretar-comprender**

Conceptualización y formalización a través de debates dirigidos y guiados

**Reflexionar-exponer y comunicar-aplicar procedimientos y estructuras a contextos diversos**

### Descripción

#### *Fases de trabajo*

#### ● **FASE 1: OBSERVEMOS LOS OBJETOS QUE NOS RODEAN**

Se parte de la observación y la descripción de algunos objetos de uso común, presentes en todos los hogares: cajas de chocolatinas con forma de pirámide, cajas de quesos con forma octogonal, barras de pegamento, latas de conservas, *tetra-bricks* de leche, cajas de cartón de distintas formas y todo aquello que se pueda encontrar en cualquier lugar de la casa y se pueda identificar con las formas sólidas de la geometría euclídea, que normalmente los niños han estudiado.

El alumnado:

- Observa los objetos de uso cotidiano.
- Lee e interpreta, si las hay, las etiquetas.
- Los describe con un lenguaje personal.
- Compara e identifica analogías y diferencias.
- Reflexiona sobre las comparaciones realizadas.

Se pide que clasifiquen los objetos en base a un criterio que tenga en cuenta la presencia de una o dos bases de caras poligonales. Los niños, generalmente, ya habrán trabajado las figuras geométricas, y en esta fase del trabajo no es necesario detenerse en las definiciones.

El alumnado:

- Reconoce los criterios que permiten comparar y clasificar los objetos observados explicando su significado.
- Aplica los criterios de clasificación correctos, en relación a las figuras tridimensionales sobre las que se opera.
- Clasifica en base a los criterios asignados.

Se presentan al alumnado figuras geométricas tridimensionales de madera o de plástico —materiales con los que normalmente se cuenta en la escuela— y se les pide que clasifiquen los objetos a su disposición subdividiéndolos en grupos que tengan como elemento caracterizador alguna de las figuras que se estén examinando. El alumnado:

- Observa y describe con un lenguaje específico los objetos.
- Compara e identifica semejanzas y diferencias.
- Los clasifican en base al criterio asignado.

## ● FASE 2: CONSTRUYAMOS

Se les pide a los alumnos que construyan el esqueleto de los objetos que se están examinando utilizando pajitas y alambre. Haciendo esto los niños:

- Observan y aprenden a captar los elementos característicos de cada objeto.
- Comparan los objetos a su disposición.

- Construyen modelos del objeto a través de comparaciones directas con la figura de referencia.
- Les atribuyen nuevos usos a ciertos materiales generalmente usados en otros contextos (material y objeto se desligan de su función original).

Se observan y describen las maquetas prestando atención a la hora de indicar los ángulos y los vértices; en especial se observa todo aquello que se pueda medir. El alumnado:

- Observa los objetos contruidos y los describe utilizando términos específicos.
- Mediante comparaciones directas, distingue los elementos que caracterizan a los objetos y los asocia correctamente a un término.
- Realiza mediciones simples utilizando unidades de medida adecuadas a las dimensiones físicas identificadas.

### ● FASE 3: COMPAREMOS

De la maqueta se pasa al poliedro construido con cartón. El profesor pone a disposición del alumnado algunos poliedros de cartón. Se describen los poliedros y se centra la atención en sus caras. Junto a cada poliedro se coloca su maqueta y se reflexiona sobre el número de ángulos, de caras y de vértices que tiene. Esta parte se desarrolla de manera cooperativa con el fin de alcanzar la construcción colectiva de los conocimientos.

En este ejercicio, el alumnado:

- Observa los nuevos objetos y los describe, comparando lenguaje corriente y lenguaje especializado.
- Recoge las analogías y las diferencias presentes en los distintos objetos.
- Reconoce y nombra los elementos que caracterizan los diferentes objetos geométricos que se están estudiando.
- Debate y comparte las definiciones con el grupo de compañeros.

Se invita a los niños a realizar un corte con las tijeras a lo largo de algunos ángulos, abriendo las figuras tridimensionales para describir cada una de sus caras.

Debería no ser el profesor quien sugiera la forma de cortar, sino que fueran los alumnos quienes reflexionen juntos para buscar una respuesta a la siguiente pregunta: «¿Por dónde hay que cortar para que la figura tridimensional se abra, obteniéndose una figura plana compuesta por un número de polígonos igual al número de caras del poliedro?».

Los niños han hablado ya de figuras planas en los cursos anteriores de primaria y el uso del folio extendido para representar una figura plana es, en esta etapa educativa, un buen modelo para describir un objeto abstracto como puede ser una figura bidimensional. Cuando, a través de pruebas de corte realizadas y debates compartidos, se llega a la conclusión de que hay más de una solución que dé respuesta a la cuestión, se invita a los estudiantes a observar y describir la figura plana que obtienen tras la apertura del poliedro.

La descripción va siempre ligada a las propiedades geométricas de cada una de las caras; para cada una de ellas se buscará la respuesta a preguntas como: «¿Es un cuadrilátero?»; «¿qué relación hay entre los lados?»; «¿cómo son sus ángulos?».

También en este caso se utilizan términos que los alumnos ya han aprendido y la atención se centra en el uso correcto de los mismos y en su formalización.

Se procede de manera análoga con modelos de forma cilíndrica, los cuales no se pueden construir con pajitas y alambre. El profesor puede, además, construir modelos de cartón y proponer a los niños que corten el cilindro para ver qué se obtiene en su desarrollo plano. La descripción va ligada a las propiedades geométricas de las figuras que componen el proyecto y es una buena ocasión para descubrir cuáles son los conocimientos de los niños sobre el círculo. El alumnado:

- Opera sobre un determinado modelo cambiando su posición en el espacio (desarrollo plano de la figura tridimensional) y va de las tres dimensiones a las dos.
- Observa y describe la nueva figura geométrica obtenida.
- Reconoce los mismos elementos geométricos en contextos distintos.
- Debate y comparte las definiciones y las conclusiones a las que llegan con el grupo de compañeros.

#### ● FASE 4: VIVAMOS UNA EXPERIENCIA

Llegados a este punto nos encontramos frente a figuras planas y tridimensionales y es la oportunidad para efectuar una prueba, utilizando un recipiente de plexiglás con forma de poliedro y su desarrollo plano en cartulina. Se vierte agua o harina de maíz en el recipiente sólido y, en cantidad equivalente, sobre su desarrollo plano, observando que un objeto tridimensional puede «contener», es decir, tiene capacidad, mientras que un objeto bidimensional, representado por simplificar en una cartulina, no puede «contener» y por tanto tiene una propiedad menos respecto a la figura tridimensional. Es conveniente pedir una cuidada descripción por escrito.

Una experiencia como esta puede parecer banal con niños de 11-12 años, pero a menudo

constatamos las dificultades que tiene el alumnado para relacionar los conceptos de volumen y capacidad. Con esta experiencia el alumnado:

- Comprende, a través de experiencias prácticas, algunas propiedades de los objetos tridimensionales y las describe.
- Identifica, a través de experiencias prácticas, algunas diferencias entre las propiedades de los sólidos y de las figuras planas y las describe.

#### ● FASE 5: EXPERIMENTEMOS Y FORMALICEMOS

La experiencia concreta conduce a la conceptualización y a la formalización cuando va acompañada de una descripción razonada y compartida por parte de los alumnos.

La experiencia de laboratorio prosigue con la construcción de los desarrollos de algunas figuras geométricas tridimensionales, realizada primero a través del corte y despliegue de los objetos contruidos antes con cartulina y después a través del dibujo en un cuaderno.

Proponemos también el proceso inverso: se muestran a los alumnos los dibujos de algunos desarrollos planos posibles y se les pide que identifiquen aquellos que realmente llevan, por ejemplo, a la construcción de un cubo. O bien se muestran los dibujos de diferentes figuras y se les pide que pasen del dibujo del desarrollo plano a la figura tridimensional correspondiente.

El alumnado:

- Descubre, a través de experiencias prácticas, las diferencias entre formas geométricas tridimensionales y bidimensionales.
- Reconoce y describe, también a través del lenguaje iconográfico, las formas geométricas tomadas en consideración durante la actividad práctica.

El uso de piezas de madera ayuda a construir diferentes figuras para razonar sobre los conceptos de superficie y volumen. La construcción de modelos geométricos tridimensionales utilizando piezas de madera, permite, de hecho, visualizar la superficie de un sólido como un determinado número de caras que hay que colorear; el volumen de un sólido se visualiza en cambio como el número de piezas que lo componen. Las fórmulas se extraen a través de momentos dedicados al debate colectivo y representan la fase de formalización y generalización, aspectos que no hay que pasar por alto en la construcción de las competencias matemáticas. A través de este momento didáctico, el alumnado:

- Reconoce y comprende las diferencias conceptuales entre «volumen» y «superficie» y las describe.



- Se plantea preguntas e identifica el problema del cálculo de la superficie y del volumen de las figuras geométricas.
- Formula hipótesis de resolución de problemas respecto al cálculo de la superficie y del volumen de ciertas figuras geométricas, compartiéndolas con sus compañeros.
- Usa las informaciones recogidas en la actividad experimental, aplicando modelos y procedimientos a contextos diferentes.
- Utiliza el método científico para la comprobación de las soluciones.
- Comparte las soluciones con el grupo.
- Reconstruye conscientemente los procedimientos puestos en práctica en la solución de problemas.
- Aplica procedimientos semejantes en otros contextos.

La reflexión sobre el concepto de volumen debería estar orientada al cálculo del volumen de varios objetos, a la medición del volumen de objetos reales que tengan una forma no atribuible a la de un sólido euclídeo (una piedra, una manzana) y a la comparación entre objetos que tienen el mismo volumen o la misma superficie, para buscar una respuesta a las siguientes preguntas: «¿Dos objetos con el mismo volumen tienen también la misma superficie?»; «¿dos objetos con la misma superficie, tienen también el mismo volumen?».

También trabajando con modelos concretos, se busca la respuesta a las siguientes preguntas: «De entre los poliedros que tienen el mismo volumen, ¿cuál es el que tiene una superficie menor?»; «de entre los poliedros que tienen la misma superficie, ¿cuál es el que tiene un volumen menor?».

El proceso de enseñanza-aprendizaje procede siguiendo un planteamiento que prevé un paso continuo del mundo tridimensional a su representación bidimensional y viceversa. Se ven, se tocan, se sopesan objetos reales tridimensionales antes de abstraer figuras bidimensionales: una figura geométrica plana es, de hecho, una imagen visual, que requiere una representación mental de propiedades espaciales.

La referencia a ciertos conocimientos previos es indispensable para construir nuevos conocimientos, así como la repetición de temas, afrontándolos con un lenguaje más especializado y con una mayor formalización respecto a la experiencia educativa precedente.

### **Consideraciones metodológicas**

La actividad práctica que acabamos de describir es solo uno de los posibles ejemplos — quizás uno de los más banales— que se pueden proponer si se identifica la praxis de laboratorio como una posible estrategia dirigida a hacer más eficaz el estudio de una determinada disciplina que a menudo se considera ardua y reservada a unos pocos.

La construcción de significados, en la práctica del laboratorio de matemáticas, está estrechamente ligada, por una parte, al uso de instrumentos utilizados en las distintas actividades, y por la otra, a las interacciones entre las personas que se dan durante el desarrollo de dichas actividades. Todo instrumento es siempre el resultado de una evolución cultural, producido con unos objetivos específicos y, en consecuencia, incorpora ciertas ideas.

En el plano didáctico esto tiene algunas implicaciones importantes: en primer lugar, que el significado no puede residir únicamente en el instrumento ni puede emerger fruto solo de la interacción entre el estudiante y el instrumento. El significado reside en los objetivos para los cuales se usa el instrumento y en los planes que se elaboran para usar ese determinado instrumento; la apropiación del significado reside en la reflexión compartida, pero también en la individual, sobre los objetos de estudio y sobre las actividades propuestas.

El profesor tiene una gran responsabilidad porque es suya la tarea de escoger los materiales y los instrumentos que se proponen, pero también los modos de organización y gestión de la clase. Sobre todo, para que la actividad de laboratorio tenga sentido y se traduzca en un aprendizaje que se convierta en un saber real y por lo tanto permanente, es necesario lograr construir acciones didácticas planificadas y contextualizadas en el currículo de la disciplina y que sean transversales, capaces de favorecer en los alumnos el paso de los objetos a instrumentos mentales y viceversa para llegar a la elaboración de teorías y generalizaciones.

En matemáticas el laboratorio cumple una doble función: aprender los aspectos más teóricos con un planteamiento investigador trabajando en los problemas para descubrir en ellos las matemáticas, como propuso Giovanni Prodi, o bien manipular instrumentos para construir las matemáticas, como propuso Emma Castelnuovo o Lucio Lombardo Radice.

Con esta propuesta para el laboratorio de matemáticas se abarcan ambas cosas: actividades de manipulación y construcción práctica, pero también de construcción y descubrimiento de las matemáticas trabajando sobre objetos teóricos; todas, oportunamente apoyadas en los tan necesarios momentos de teorización y generalización, para hacer que la enseñanza sea más significativa, que se convierte en una acción formativa. Postman y Weingartner (1975) afirman, de hecho, que una enseñanza significativa debe causar en los alumnos un cambio profundo en su modo de interpretar el mundo; debe ser una *acción subversiva*.

“Este cambio puede ser más o menos importante, más o menos general, pero se da, si la enseñanza ha tenido éxito: una enseñanza que no cambia nada en el alumno es como si no hubiera existido”. (Zan, 2007).

El laboratorio, entendido como lugar y como modo, se convierte así en una costumbre mental del profesor, y, en consecuencia, de los alumnos. Se convierte en la ocasión para construir significados, pero también para favorecer la fantasía y la imaginación como medios importantes para aprender matemáticas.

<sup>1</sup> En el original italiano se refiere al primer año de la *Scuola Secondaria di primo grado* (11-12 años) en Italia, en el sistema educativo español correspondería a 6º de Educación Primaria. [N. trad.].

## QUINTO CAPÍTULO

### Arte prehistórico

Un ejemplo de arqueología imitativa: Las pinturas rupestres de Riparo Dalmeri

**PROYECTO DE APRENDIZAJE:** Una propuesta didáctica de experimentación en el campo Histórico, Geográfico y Artístico.

**EDAD ACONSEJADA:** Alumnado de 8-9 años<sup>1</sup>, pero puede estar integrado también en un proyecto experimental para 11-12 años o dentro de un Bachillerato Artístico<sup>2</sup>.

### Premisa

El laboratorio experimental que se describe se inspira en los hallazgos realizados en Riparo Dalmeri. Se trata de un yacimiento de altura situado en la extremidad nororiental del Altiplano de Asiago-Sette (Provincia de Trento, Italia). Las campañas de excavación conducidas durante años en esta cueva por el Dr. Giampaolo Dalmeri (Broglia y Dalmeri, 2005), conservador de la Sección de Prehistoria y Paleoetnología humana del Museo Tridentino de Ciencias Naturales, han sacado a la luz importantes y significativos hallazgos atribuibles al Paleolítico superior, en particular a la reciente fase Epigravetiense (11.500-11.000 años a. C.). Las pinturas rupestres allí encontradas se han revelado como un hallazgo de especial valor, testimonio de expresiones rituales ligadas a la comunidad de cazadores que, en el periodo estival, ocupaban el gran refugio situado bajo las rocas.

Precisamente, la importancia de los hallazgos y la interesante reconstrucción de la vida prehistórica que emerge, se sitúan en el origen de la idea del laboratorio didáctico. Aunque se inspire en excavaciones e investigaciones científicas de carácter local, esta experiencia no queda limitada al contexto: las actividades que se proponen representan un ejemplo de metodología que se puede aplicar y vincular a distintas realidades territoriales. El planteamiento estructural se puede, de hecho, adaptar a diversas realidades que presenten peculiaridades territoriales ligadas a otros periodos históricos, aunque deben poder reconstruirse a través de la arqueología imitativa u otras técnicas de reproducción.

El tema, en el que se profundiza con el laboratorio, tiene de todos modos el valor de evidenciar la posibilidad de aplicar un planteamiento de laboratorio al estudio de temas que no pertenecen estrechamente al ámbito científico, y se presta además a una lectura transversal y pluridisciplinar que enriquece las posibilidades interpretativas y la aplicación en las clases.

Esta última propuesta es una posible actividad para experimentar y tiene todas las características de las proyecciones didácticas que preceden a la realización concreta: falta la mirada crítica de quienes operan sobre el campo, por tanto, de los profesores y de los

alumnos, quienes, a través de la reelaboración dialéctica del trabajo, proporcionan una mejor evaluación de la actividad didáctica.

El proyecto no se ha realizado ni documentado de manera completa en ninguna clase de la escuela primaria, en consecuencia, el listado de procedimientos, a través del elenco de operaciones mentales, no explicita todos los pasos analíticos que se pueden dar, de modo que las modalidades de aprendizaje de cada estudiante podrían darse de maneras que no se han previsto. En cambio se ha experimentado parcialmente en algunas clases de los dos cursos de un bachillerato Artístico: describiremos brevemente esta experiencia, las actividades realizadas y las operaciones mentales que los estudiantes han llevado a cabo.

En la descripción de las distintas fases del proyecto se recogen y se evidencian operaciones mentales que, como forman parte de los a priori del procedimiento, siguen caracterizándose por su generalidad, puesto que no se han confrontado directamente con la realización por parte de los alumnos; deben entonces considerarse como una posible guía y estar sujetas a su comprobación e implementación en la fase de experimentación real.

También en este caso, la sucesión conceptual a la que nos enfrentamos en el proyecto didáctico presenta una secuencia, no necesariamente vinculante, para quien quiera recorrer la experiencia de *acciones didácticas, contenidos disciplinares y transversales* que se relacionan con algunas *operaciones mentales* referidas a estos últimos ([tabla 5.1](#)).

TABLA 5.1

### **Acciones didácticas, contenidos disciplinares y transversales. Operaciones mentales**

#### **ACCIONES DIDÁCTICAS, CONTENIDOS DISCIPLINARES Y TRANSVERSALES**

Prehistoria: encuadre temporal y reconocimiento de los elementos característicos de la presencia y la vida del ser humano

Identificación geográfica de la presencia de yacimientos del Paleolítico en la región

Análisis de la situación climática en época prehistórica tomada en consideración para comprender las variaciones que se han dado en el tiempo

Identificación de las principales peculiaridades que caracterizan el Paleolítico: los antiguos cazadores-recolectores

Reconstrucción del ambiente natural paleolítico en el área

#### **OPERACIONES MENTALES**

*Escuchar-observar-describir-comparar*

*Escuchar-observar-describir*

*Describir-comparar-formular hipótesis*

*Comparar-comprender-generalizar las tesis*

*Formular hipótesis-comprender-*

Arte prehistórico: la aparición de las primeras formas de arte prehistórico

*interpretar*

*Escuchar-observar-  
describir-comparar-  
registrar los datos*

Las pinturas rupestres de Riparo Dalmeri: visionado de imágenes de las piedras y, si es posible, el encuentro con un colaborador del museo o bien, la visita a un museo

*Observar-describir-  
comparar*

Búsqueda de los materiales que utilizarán en la reproducción en el laboratorio de las pinturas rupestres (piedras, pigmentos, cera de abejas natural, plumas, etc.)

*Observar-comparar-  
evaluar*

Experiencia de «inmersión» en arqueología imitativa: reproducción pictórica de las figuras escogidas

*Interpretar-evaluar-  
producir-crear*

Análisis de las dificultades encontradas y comparación razonada con la actualidad

*Comparar-  
reflexionar-evaluar-  
exponer y comunicar*

## **Descripción**

### *Fases de trabajo*

Siguiendo el mismo esquema de la propuesta presentada en el tercer capítulo de este libro sobre los glaciares, que se encuentra allí ilustrado con detalle, las primeras fases prevén la motivación (a través de lluvias de ideas, el apartado titulado «Rompiendo el hielo»), el descubrimiento de los conocimientos disciplinares y de los esquemas mentales de los estudiantes (cuestionario para explorar las ideas previas) y la transmisión de los conceptos que constituyen los ejes que sostienen el proyecto.

Pasamos por alto las primeras fases y remitimos al tercer capítulo para la lectura de las mismas, si bien las nombramos a modo de recordatorio.

● **FASE 1:** ACTIVAR LA MOTIVACIÓN.

● **FASE 2:** CONSTATAR CUÁLES SON LOS CONOCIMIENTOS DISCIPLINARES Y LAS REPRESENTACIONES MENTALES.

● **FASE 3:** CONSTRUIR SABERES DE BASE QUE CONSTITUYEN LOS EJES SOBRE LOS QUE SE SUSTENTA EL PROYECTO. PREHISTORIA, PALEOLÍTICO, AMBIENTE DEL PASADO.

En la descripción de esta propuesta preferimos centrar nuestra atención en el aspecto del laboratorio de arqueología que se inicia en la fase 4 y añade tres fases más.

● **FASE 4:** ENCUENTRO CON UN TESTIMONIO CIENTÍFICO. EL ARQUEÓLOGO

#### ● FASE 4: ENCUENTRO CON UN TESTIMONIO CIENTÍFICO. EL ARQUEÓLOGO

El experto invitado, durante el encuentro narra de manera sencilla en qué consiste su trabajo: identificación del yacimiento, excavación, hallazgos, reconstrucción del paleoambiente y de los modos de explotación del territorio montañoso por parte de los cazadores-recolectores del pasado (Epigravetiense, Paleolítico superior).

Utilizando la clave narrativa, mostrando y dejando que se toquen algunos hallazgos, se conduce a los niños y adolescentes a través de un viaje en el tiempo que les lleva a la reconstrucción guiada de escenas de vida del Paleolítico.

La riqueza y la originalidad de los hallazgos encontrados les ayudan a imaginar escenas de la vida del pasado: objetos de sílex, manufacturas de hueso, restos animales (cabras salvajes, ciervos, esqueletos de peces, etc.), conchas como testimonio de objetos ornamentales, algunos dientes de leche de niños (dientes humanos deciduales), arcilla, carbones, etc.

Cuando no sea posible contactar con un investigador científico del área de la arqueología, se puede recurrir a la consulta de textos narrativos infantiles y/o juveniles, con historias y personajes de la época prehistórica; o bien se pueden construir relatos partiendo de publicaciones relativas a excavaciones y hallazgos más próximos al centro educativo y al lugar donde vivan los niños y adolescentes. Una condición fundamental es que los documentos sean representativos de un pasado referido a un área que sea próxima.

Un proyecto didáctico estructurado de este modo favorece los procesos de aprendizaje, permitiendo a los alumnos conjugar elementos informativos y elementos emotivos y, pasando a través de un relato que sea atractivo, alcanzar un aprendizaje verdadero, entendido este como una transformación de los propios esquemas mentales y una apertura hacia nuevos conocimientos.

A través de esta propuesta didáctica es posible activar las operaciones mentales previstas por las actividades de aprendizaje de la experiencia. Los niños y adolescentes, de hecho, durante la fase que acabamos de ilustrar:

- Escuchan de manera activa.
- Comprenden un lenguaje sencillo pero atento al uso de términos científicos y a la validez científica de lo que se afirma.
- Identifican palabras desconocidas y/o conceptos poco claros y piden explicaciones.
- Reelaboran lo que escuchan reproduciéndolo mediante dibujos o escribiendo breves historias.

Se prepara un póster que reproduce gráficamente un hipotético paisaje de caza del Paleolítico en el altiplano de Marchesina: pradera alpina con zonas boscosas de pino y alerce y áreas húmedas, hábitat natural del castor (dibujo simplificado reproducido sobre un tejido en el que se adhiera el velcro).

Los niños y adolescentes reciben un buen número de fichas que contienen imágenes de objetos, animales, árboles, situaciones de vida (grupo frente al fuego, niños que juegan a pelota, etc.), personas del mundo contemporáneo y del periodo paleolítico. Se prevén muchas imágenes engañosas referidas a la cotidianidad actual. Cada una de las imágenes lleva un pedacito de velcro detrás.

Se invita a los alumnos a completar el póster pegando las imágenes que se refieran a la ambientación temporal correcta (Paleolítico), argumentando el porqué. Las imágenes no utilizadas serán fuente de debate.

Se puede proponer también el juego contrario, pegando al póster todas las imágenes e invitando a los alumnos a identificar los objetos fuera de contexto, que se irán eliminando hasta llegar a la ambientación correcta.

En esta fase se deben estimular los debates, las preguntas, la puesta en común de manera participativa, respetando las dudas y los intereses colectivos. En ella, los alumnos:

- Observan y describen varias imágenes.
- Establecen comparaciones, descubriendo afinidades y diferencias.
- Toman nota, de manera consciente, de sus propias costumbres.
- Distinguen periodos temporales distintos poniendo en evidencia sus elementos característicos.
- Se plantean preguntas concernientes al tema que se está estudiando.
- Utilizan los conocimientos que poseen para proponer respuestas e hipótesis de resolución.
- Debaten y comparten con sus compañeros las hipótesis resolutivas que han encontrado.
- Reflexionan en torno a las diferencias descubiertas.

#### ● FASE 6: JUEGO DE SIMULACIÓN

El profesor propone un juego de rol con este tema:



El profesor propone un juego de rol con este tema:

*Imaginemos que reconstruimos una jornada de la vida cotidiana de un grupo de cazadores paleolíticos, durante el periodo de caza estival.*

Después reparte los papeles y conduce el juego. La problemática consiste en reproducir esos momentos de vida con la situación temporal correcta (medios, habilidades, instrumentos, etc.).

Los alumnos entran así en una situación problemática fingiendo que son otros y adoptan roles establecidos (el grupo de cazadores, el artesano constructor de flechas y arcos, el artista pintor, las mujeres recolectoras, etc.) demostrando que han comprendido el estilo de vida paleolítico y que han logrado descubrir sus elementos característicos.

La posibilidad de comparación entre iguales en un contexto de adopción de un rol específico favorece la interacción en el grupo y la disponibilidad para enfrascarse en situaciones que no son habituales. El juego de rol es un potente instrumento para la construcción de una interdependencia positiva y el desarrollo de habilidades sociales.

Puede ser estimulante la lectura de fragmentos extraídos de relatos infantiles y/o juveniles ambientados en la prehistoria y el visionado de imágenes de hallazgos encontrados en el yacimiento que se está estudiando. Los alumnos, durante este tipo de actividad:

- Extraen informaciones útiles de narraciones, textos sencillos, representaciones iconográficas.
- Identifican palabras y elementos clave de varios contextos.
- Distinguen, hacen un listado y describen algunos roles importantes en la vida cotidiana de los cazadores paleolíticos.
- Saben meterse en la piel de otra persona en situaciones imaginarias.
- Exponen sus propias ideas y las argumentan respetando los turnos del debate.
- Comparan ideas e hipótesis diferentes.
- Sostienen ideas y comportamientos, sintiendo en primera persona el impacto de las consecuencias de las decisiones que se toman.

## ● FASE 7: LABORATORIO

Para realizar esta actividad, cada alumno tendrá que contar con:

- Plumas de pájaro.
- Palitos de madera.
- Ocre en polvo.
- Agua.
- Un poco de yema de huevo, leche o miel.
- Un folio de papel de dibujo.
- Lápices de colores.

Los días previos al laboratorio es oportuno implicar a los niños y adolescentes en la búsqueda de su propia piedra (de color claro, de al menos 10 cm, con un lado que sea bastante plano y liso) y objetos naturales que se puedan utilizar para pintar sobre la piedra (plumas de pájaros, palitos de madera, etc.). Si esto no fuera posible, el profesor se procura algunos objetos entre los cuales cada alumno podrá escoger los que considere más adecuados para su actividad.

Se vuelven a proponer las imágenes de las pinturas rupestres halladas en el yacimiento paleolítico de Riparo Dalmeri.

Se preparan y distribuyen entre los pequeños grupos en los que se han subdividido los alumnos algunos boles que contengan pigmentos de ocre ya diluidos y mezclados con espesantes naturales (yema, leche, etc.). Cada alumno dibuja inicialmente con el lápiz de colores en un folio de papel la figura simple que quiere reproducir. A continuación intenta realizar el mismo dibujo sobre una piedra utilizando su «pincel prehistórico». Tiene ocasión así de comparar dos técnicas de dibujo muy distintas, características de dos periodos temporales muy alejados el uno del otro.

Las figuras que se reproducen tienen características zoomorfas, simbólicas o antropológicas, parecidas a las que se han encontrado.

Los alumnos, durante esta fase, activan las siguientes operaciones mentales:

- Escuchan las indicaciones, recuerdan las características de los objetos que necesitan.
- Interactúan con personas ajenas al contexto escolar, explicando de manera completa y correcta las indicaciones recibidas.
- En un ambiente natural, observan y comparan objetos identificando los que necesitan.

- En un ambiente natural, observan y comparan objetos identificando los que necesitan.
- Observan y describen sus propias manufacturas.
- Comparan y describen los objetos de los compañeros, señalando semejanzas y diferencias.
- Reflexionan y debaten comparando cuál ha sido su experiencia.
- Describen las sensaciones que han sentido compartiendo estas experiencias con sus compañeros.
- Señalan y analizan las diferencias halladas en los dos contextos temporales reproducidos.

### **Ejemplo de realización de este Proyecto en un Bachillerato Artístico**

Este proyecto se ha llevado a cabo de manera parcial en algunas aulas del Bachillerato Artístico del *Istituto d'Arte «A. Vittoria»*, de Trento, en el ámbito del proyecto titulado «El arte en la prehistoria», desarrollado en colaboración con el Museo Tridentino de Ciencias Naturales.

La idea inicial partió del deseo de experimentar con una didáctica de la historia menos tradicional y alineada con las nuevas tendencias metodológicas, acompañando al habitual planteamiento narrativo-expositivo de un modelo más dinámico e interactivo.

La petición llegó directamente de los profesores de Historia y Plástica, juntos a los cuales se co-preparó el proyecto que ha seguido solo algunas de las fases descritas en el laboratorio experimental pensado por el equipo de la escuela primaria.

Este proyecto, en particular, tiene el valor añadido de presentar una estrecha colaboración con los mismos investigadores museísticos interesados en querer comprobar, a través de una experimentación atenta, algunas hipótesis interpretativas referidas a las técnicas de realización de las pinturas rupestres de Riparo Dalmeri. Fruto de los análisis realizados de los hallazgos se ha visto que, probablemente, los pigmentos utilizados para la pintura se mezclaban con cera de abeja y eso contribuía a la conservación en el tiempo de las figuras pintadas. De ahí la curiosidad y el interés de los investigadores por ver cómo se realizan las pinturas en una experiencia de arqueología imitativa y así comprobar sus hipótesis.

El planteamiento didáctico, en conjunto, aun haciendo referencia a las teorías constructivistas y a las más conocidas corrientes de aprendizaje cooperativo, adaptadas a la realidad de la clase, ha acabado por privilegiar planteamientos metacognitivos vinculando el uso de estrategias cognitivas con la educación emocional y relacional.

## ● FASE PREPARATORIA

Los estudiantes se han enfrentado al tema estudiado, asistiendo a lecciones de los profesores y a través de lecturas de manuales, revistas, libros, publicaciones científicas y visionados de vídeos, el desarrollo de investigaciones individuales y de grupo que atañen a la prehistoria, a la vida en el Paleolítico y el Neolítico, la investigación arqueológica y sus metodologías y el arte prehistórico en el área de Trento.

## ● FASE 1: CONSTRUCCIÓN DE LOS CONCEPTOS CLAVE SOBRE LOS QUE SE SUSTENTA EL PROYECTO. PREHISTORIA, PALEOLÍTICO, AMBIENTE DEL PASADO, INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS

Los estudiantes que se enfrentan a esta fase han adquirido ya y han profundizado en distintos conocimientos disciplinares relativos a la prehistoria. Saben distinguir entre el Paleolítico y el Neolítico, saben identificar e interpretar las fuentes de la investigación histórica y conocen las bases sobre las que se desarrolla la investigación arqueológica y sus metodologías. Además poseen conocimientos relativos al arte prehistórico en general y al área de Trento en particular.

Esta práctica de laboratorio proporciona las bases especializadas y las técnicas de acercamiento metodológico a una arqueología de tipo experimental. Los estudiantes observan directamente objetos artísticos prehistóricos y materiales arqueológicos, acercándose a las técnicas de excavación e investigación y al estudio de los materiales y de las técnicas constructivas.

La experiencia de laboratorio se desarrolla utilizando hallazgos arqueológicos, un modelo que reproduce una excavación arqueológica (4 metros por 2 metros) y algunos instrumentos de excavación realmente empleados por los arqueólogos en el lugar y se realiza en la sede del Museo Tridentino de Ciencias Naturales por profesionales de la didáctica cualificados. El objetivo perseguido es el de dar a conocer los métodos y las técnicas de investigación arqueológica para la reconstrucción ambiental y cultural del pasado en condiciones simuladas, que además se corresponden con situaciones reales.

La actividad de laboratorio propone la simulación de una excavación arqueológica en una deposición estratigráfica de una situación arqueológica compatible con el territorio tridentino y prevé:

- Observación y uso de los instrumentos empleados en la excavación arqueológica.
- Predisposición del yacimiento con cuadratura.
- Excavación estratigráfica.
- Separación de los hallazgos más pequeños.

- Separación de los hallazgos más pequeños.
- Observación de las características macroscópicas de todos los hallazgos arqueológicos encontrados.
- Descripción y análisis de los hallazgos.
- Representación gráfica de los hallazgos y compilación de fichas descriptivas.
- Señalización de la paleosuperficie.

Antes de las actividades se proporcionan algunas explicaciones sobre los métodos de identificación de un yacimiento arqueológico y sobre los posibles análisis que se pueden efectuar para su encuadre cronológico y ambiental. Al final de la excavación se realiza una panorámica de los principales yacimientos prehistóricos de la provincia de Trento.

A través de esta práctica de laboratorio los estudiantes activan las siguientes operaciones mentales:

- Observan instrumentos de trabajo, los describen e identifican las peculiaridades adaptadas a su uso específico.
- Escuchan, entienden y siguen operativamente, en una secuencia correcta, una serie de indicaciones verbales.
- Miden y toman conciencia del espacio del que se dispone.
- Operan, en un espacio delimitado, a través de la comprensión.
- Reconocen las reglas asignadas y las aplican en la excavación.
- Observan diferentes categorías de objetos, los describen.
- Hacen comparaciones, identifican semejanzas y diferencias.
- Miden dimensiones físicas sencillas.
- Clasifican.
- Describen gráficamente los objetos.
- Leen, analizan una ficha descriptiva.
- Identifican los datos que se piden y los transcriben.

- Toman medidas y las trasladan a escala, representando gráficamente un modelo de paleosuperficie.
- Reelaboran informaciones científicas obtenidas para reconstruir el paleoambiente.
- Se orientan en la escala temporal.
- Observan, comparan y describen los trabajos de los compañeros señalando semejanzas y diferencias.
- Reflexionan y debaten comparando cuál ha sido su experiencia.
- Reconocen la necesidad de adquirir informaciones más amplias para definir mejor el contexto de la investigación arqueológica.

## ● FASE 2: ENCUENTRO CON UN TESTIMONIO CIENTÍFICO. EL ARQUEÓLOGO

Esta fase teórica de profundización y contextualización preveyó la participación directa del Dr. Giampaolo Dalmeri, descubridor del yacimiento del que provienen las pinturas rupestres de Riparo Dalmeri.

El doctor da una conferencia, presentando algunos de los hallazgos de pinturas e ilustrando las técnicas, la evolución de la excavación y el contexto de aparición de los hallazgos. Los estudiantes pueden así conocer directamente las extraordinarias y peculiares características de esta muestra del Paleolítico superior (Magdalenense, Salutriense y Gravetiense), único en Europa, por su riqueza en huellas pictóricas.

Sigue siendo válido para los estudiantes de los cursos superiores lo que escribieron con anterioridad los alumnos de la escuela primaria: el fuerte impacto emotivo de la exposición narrativa de un buen comunicador científico permite conjugar elementos informativos y elementos emotivos para alcanzar un conocimiento verdadero, entendido como transformación de los propios esquemas mentales y apertura a nuevos conocimientos.

A través de esta propuesta didáctica es posible activar las operaciones mentales previstas por las actividades de aprendizaje de la experiencia. Los alumnos, de hecho, durante la fase apenas ilustrada:

- Escuchan de manera activa.
- Observan los hallazgos presentados.
- Observan una presentación gráfica en *power point* captando el planteamiento gráfico y el contenido.

- Observan una presentación gráfica en *power point* captando el planteamiento gráfico y el contenido.
- Entienden un lenguaje científico divulgativo que usa terminología específica y están atentos a la validez científica de lo que se afirma.
- Aprenden y recuerdan nuevos términos.
- Identifican conceptos nuevos y piden explicaciones.
- Interactúan de manera constructiva planteando preguntas pertinentes.
- Recogen, sintetizan y transcriben los conceptos fundamentales aprendidos durante la intervención.
- Reelaboran lo que han escuchado.
- Reflexionan.

### ● FASE 3: LABORATORIO

La multitud de preguntas que atañe a la interpretación del yacimiento, la identidad de los pintores, la forma de los instrumentos de estos artistas prehistóricos y las técnicas usadas han impulsado a activar las competencias de laboratorio para reconstruir instrumentos y buscar metodologías de pintura prehistórica.

En la fase propedéutica, los alumnos, tras haber observado algunos hallazgos originales de pinturas rupestres, han analizado las distintas tipologías posibles de soporte para las pinturas: rocas de diferente origen, granulometría, composición química y procedencia geológica, litotipos tales como calcáreos grises, calcáreos oolíticos y arenarios. Se habrá estudiado la forma, las dimensiones, las características de la superficie que hay que decorar (lisa, porosa, irregular, cóncava o convexa, etc.), la eventual presencia de un contorno mural o de un borrador preparatorio anterior a la misma pintura.

Los estudiantes a continuación pasan al estudio de los pigmentos y a su composición y tipología: se han realizado distintas opciones según el tipo de espesante o adhesivo que se usará (cera de abeja, grasa animal, leche, yema de huevo, etc.), la necesidad o no de un tratamiento preventivo para el soporte escogido y para el pigmento (más o menos caliente) y, en definitiva, las distintas posibilidades de mezclas y compuestos, distintas entre sí y a diferentes temperaturas. Se ha analizado también la tipología de los morteros y paletas idóneos.

Llegados a este punto se pasó al estudio y a la construcción de los utensilios y de los instrumentos que se iban a utilizar, probando con las distintas posibilidades que se puedan

Le sigue entonces una fase de análisis de la técnica pictórica o del procedimiento, de las características de la figura representada (adaptación o no de la forma de la piedra y de la morfología de la superficie, orientación, etc.), de la preparación del color y del uso de técnicas representativas de imitación plástica para lograr la tridimensionalidad o el movimiento.

Un último estudio atañe al sujeto representado (zoomorfo, antropomorfo, esquemático, geométrico, simbólico, etc.), a su actitud (estática o dinámica), a su colocación sobre la superficie de la piedra y la presencia de signos de reconocimiento en la cara opuesta al lado figurado.

Los alumnos se esfuerzan, en definitiva, en reproducir algunas de las pinturas rupestres, descubiertas durante la excavación, mediante técnicas y utensilios «prehistóricos».

La experimentación de la pintura sobre piedra se lleva a cabo en el laboratorio o el aula de Plástica del centro educativo. Para ello se ha usado el siguiente material:

- Piedras calcáreas de distintos tamaños, de los 15 a los 20 cm, recogidas en las zonas limítrofes al yacimiento de Riparo Dalmeri (procuradas por el profesor).
- Algunas piedras cóncavas de unos 25/30 cm de diámetro y algunas piedras más pequeñas que se utilizarán como pilón para el mortero.
- Varios pigmentos: ocre de colores distintos, óxido de manganeso, carbones y varias tierras al óxido (que se pueden encontrar en el laboratorio), que se han molido y reducido a polvo previamente.
- Cera vieja de abeja.
- Espesantes y emulsionantes para el color como miel, leche, yema de huevo, etc.
- Manufacturas de sílex, con borde cortante, que se utilizarán como cuchillos para la construcción de pinceles.
- Ramitas de avellano, plumas de pelo raso.
- Agua.
- Horno, presente en el laboratorio de Plástica.

Los estudiantes implicados, ya en posesión de buenas habilidades manuales, experimentan entonces con distintos métodos de pintura sobre las piedras que se les facilitan, ya pulidas. Cada alumno se procura autónomamente el material necesario indicado por el profesor, construye el instrumento que utilizará para la pintura, sin usar



experimentan entonces con distintos métodos de pintura sobre las piedras que se les facilitan, ya pulidas. Cada alumno se procura autónomamente el material necesario indicado por el profesor, construye el instrumento que utilizará para la pintura, sin usar utensilios modernos, sino solo sílex de bordes afilados, para cortar ramitas de avellano o para recortar tiras de piel, plumas, etc. ([figura 5.1](#)). Reduce a polvo el pigmento sirviéndose de dos piedras (una cóncava y otra que sirve de pilón), prepara el color mezclándolo con el fijador natural (cera de abeja o yema de huevo, etc.), calienta la piedra que ha usado como paleta (en el horno presente en el laboratorio por motivos de seguridad) hasta llegar a los 30 grados aproximadamente, para provocar que la cera se derrita. Finalmente, extiende el color sobre el soporte lítico que sirve de modelo reproduciendo la representación escogida ([figura 5.2](#)).

Cada alumno reproduce las fases de su experimentación en una ficha elaborada para señalar las técnicas y los materiales usados ([figura 5.3](#)), preparada en colaboración con los mismos arqueólogos.

A través de esta práctica de laboratorio los estudiantes activan las siguientes operaciones mentales:

- Escuchan de manera activa y se organizan para seguir los enunciados.



*Fig. 5.1.* Construcción de un pincel.



*Fig. 5.2. Pintura sobre piedra.*

- Escuchan los enunciados, recuerdan las características de los objetos que hay que realizar.
- En un espacio natural observan y comparan objetos identificando aquellos que deben recoger (ramitas, plumas, etc.).
- Observan instrumentos y materiales de trabajo, los describen e identifican las peculiaridades que se adaptan a su uso específico.
- Observan varias imágenes de pinturas rupestres, escogen la que reproducirán y argumentan su elección.
- Crean autónomamente el símbolo gráfico personal que distingue su manufactura en consonancia con el periodo prehistórico (ni letras del alfabeto, ni números) y la usan apropiadamente.
- Reflexionan, comparando símbolos gráficos de la contemporaneidad y del pasado, identifican las características que los distinguen.
- Realizan operativamente, siguiendo una secuencia correcta, una serie de indicaciones verbales.
- Producen manualmente objetos adaptados a la pintura sobre piedra, respetando las indicaciones de la arqueología imitativa.
- Observan y analizan las características morfológicas de la piedra que se les ha asignado para identificar la superficie que mejor se adapte a la pintura.
- Reconocen las reglas que se les han dado y las aplican en la reproducción de la imagen.
- Miden y reproducen la imagen, toman conciencia del espacio del que disponen.
- Observan y describen sus propias manufacturas.
- Leen y analizan una ficha de informe de las técnicas y de los materiales usados en la reproducción pictórica.
- Identifican los datos que se les piden y los transcriben.
- Miden y reproducen a escala la imagen.
- Interactúan con personas ajenas al mundo escolar (técnicos museísticos) explicando de

manera completa y correcta los enunciados recibidos.

- Comparan y describen los objetos de los compañeros, señalando similitudes y diferencias.
- Reflexionan y debaten comparando sus experiencias.
- Subrayan y analizan la diversidad encontrada a la hora de trabajar, siguiendo las indicaciones de la arqueología imitativa.
- Describen las sensaciones que han sentido compartiéndolas con sus compañeros.



<p>LA PINTURA RUPESTRE EN EL PALEOLÍTICO "RIPARO DALMERI"</p> <p>CÓDIGO DE LA PIEDRA N°09</p> <p>REPRODUCCIÓN A ESCALA DEL LADO PINTADO DE LA PIEDRA</p>  <p>LADO OPUESTO: "LOGO DE LA PIEDRA"</p>  <p><b>SOPORTE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TIPOLOGÍA DEL SOPORTE <sup>(1)</sup> calcáreo gris</li> <li>• FORMA DE LA PIEDRA <sup>(2)</sup> redondeada</li> <li>• DIMENSIONES DE LA PIEDRA <sup>(3)</sup> longitud 14 cm. / ancho 16'5 cm</li> <li>• APARIENCIA DE LA SUPERFICIE DECORADA <sup>(4)</sup> irregular y rugosa</li> <li>• PRESENCIA DE CONTORNO MURAL <sup>(5)</sup> NO</li> <li>• INTERVENCIÓN SOBRE EL SOPORTE ANTES DE LA PINTURA <sup>(6)</sup> NO</li> </ul> <p><b>PINTURA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TIPOLOGÍA DEL PIGMENTO <sup>(7)</sup> ocre rosa</li> <li>• TIPOLOGÍA DEL ESPESANTE O ADHESIVO <sup>(8)</sup> cera de abeja</li> </ul>	<p><b>OPERATIVIDAD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TRATAMIENTO DEL SOPORTE <sup>(9)</sup> lavado con agua: calentado posteriormente</li> <li>• TRATAMIENTO DE LA PINTURA <sup>(10)</sup> con calor</li> <li>• MEZCLAS <sup>(11)</sup> rosa ocre (1/3) + cera de abeja (2/3)</li> </ul> <p><b>MEDIOS UTILIZADOS PARA LA PINTURA <sup>(12)</sup></b> (MARCAR CON UNA CRUZ LOS MEDIOS CORRESPONDIENTES)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> PILÓN (DESCRIPCIÓN) Limitado al molido del ocre rosa</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> SOPORTE EN PÓRIDO PARA REDUCIR A POLVO EL PIGMENTO</li> <li><input type="checkbox"/> PALETA EN CALCAR PARA PREPARAR EL COLOR</li> <li><input type="checkbox"/> PALETA EN ARENARIA PARA PREPARAR EL COLOR</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> PINCELES (DESCRIPCIÓN) Pequeños bastones de avellano acabados en punta gracias a plumas de gallina unidas a la base con tiras de piel de cabra</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> TAMPÓN EN PIEL CON PELO RASO</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> PEQUEÑO BASTÓN DE MADERA DE HAYA O DE AVELLANO</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> PLUMAS DE GALLINA</li> <li><input type="checkbox"/> FIBRA VEGETAL DESHILACHADA</li> </ul> <p><b>TÉCNICA PICTÓRICA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PREPARACIÓN FONDO <sup>(13)</sup> NO</li> <li>• ¿EL CONTORNO DE LA FIGURA SIGUE LAS IRREGULARIDADES DE LA PIEDRA? <sup>(14)</sup> SÍ</li> <li>• ELABORACIÓN DEL COLOR (DESCRIPCIÓN) <sup>(15)</sup> La cera se calentó a 120-150° C. sobre una piedra calcárea gris cóncava, añadiendo ocre rojo (dos partes de cera por una de ocre rojo); a continuación, utilizando pequeños bastones acabados en punta y pinceles hechos con plumas, se ha pintado el animal sobre la piedra caliente a 120-150° C.</li> <li>• TÉCNICA DE ELABORACIÓN DEL COLOR (DESCRIPCIÓN) <sup>(16)</sup> Elaboración a través de pinceladas con posterior difuminado, en el intento de poner en evidencia el efecto de relieve difuminando el color mediante la piel de cabra de pelo raso.</li> </ul> <p><b>SUJETO <sup>(17)</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TIPOLOGÍA DEL SUJETO (PONER UNA CRUZ DONDE CORRESPONDA)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> ZOOMORFO (animales)</li> <li><input type="checkbox"/> NO ZOOMORFO (simbologías extrañas, geométricas, fitomorfas)</li> <li><input type="checkbox"/> ANTROPOMORFO (forma humana)</li> <li>• POSICIÓN DEL SUJETO <sup>(18)</sup> hacia la derecha</li> <li>• ACTITUD DEL SUJETO <sup>(19)</sup> estático</li> <li>• COLOCACIÓN DEL SUJETO <sup>(20)</sup> en el centro</li> <li>• PRESENCIA DEL SÍMBOLO DE RECONOCIMIENTO EN LA CARA OPUESTA <sup>(21)</sup> SÍ</li> </ul>
--	---

Fig. 5.3. Ejemplo de ficha-informe de las técnicas y de los materiales usados.

<sup>1</sup> En el original italiano se hace referencia al tercer año de la escuela primaria (8-9 años), en el sistema educativo español correspondería a 3° de Educación Primaria. [N. trad.].

<sup>2</sup> En el original italiano se hace referencia a la *Scuola Secondaria di primo grado* (11-14 años) y a la *Scuola Secondaria di indirizzo artistico* (14-16 años), respectivamente [N. trad.].

## Bibliografia

A.I.M.C. Emilia Romagna, Ufficio Scolastico Provinciale di Reggio Emilia, Gruppo di Ricerca Learning System (2007), *Standards di contenuto per la scuola di base. Primo rapporto di ricerca* – Convegno nazionale Reggio Emilia, 6 settembre.

Antiseri, D. (1999), *Didattica delle scienze*, Roma, Armando.

Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali (2006), *Educazione al futuro: come fare Scienze ai bambini e ai ragazzi*, Atti del Forum delle sezioni-ANISN, Arco Felice, Napoli, «Le scienze naturali nella scuola», Anno XV - numero speciale giugno 2006, Napoli, Loffredo Editore, [www.anisn.it/scienze\\_naturali/educazione\\_al\\_futuro.pdf](http://www.anisn.it/scienze_naturali/educazione_al_futuro.pdf) (ultimo accesso: settembre, 2012).

Baldacci, M. (2005), *Personalizzazione o individualizzazione?*, Trento, Erickson.

Barsantini, L. y Fiorentini, C. (Coords.) (2001), *L'insegnamento delle scienze verso un curricolo verticale. I fenomeni chimico-fisici*, I.R.R.S.A.E Abruzzo, S. Gabriele (TE), Editoriale Eco.

Berlini, M.G. y Canevaro, A. (Coords.) (1996), *Potenziali individuali di apprendimento. Le connessioni, le differenze, la ricerca partecipata*, Firenze, La Nuova Italia.

Bresciani E. et al. (2006), *Laboratorio di educazione ambientale: l'acqua*. Bergamo, Edizioni Junior.

Broglia, A. y Dalmeri, G. (2005), *Pitture paleolitiche nelle Prealpi venete. Grotta di Fumane e Riparo Dalmeri*, «Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona», Sezione scienze dell'uomo, 9.

Cambi, F. (Coords.) (2007), *Ricerca-Azione e scuola. Materiali di riflessione*, Firenze, Istituto Regionale Ricerca Educativa.

Cambi, C., Fiorentini, C. y Gori, F. (Coords.) (2001), *L'arcipelago dei saperi. Progettazione curricolare, percorsi didattici nella scuola dell'autonomia. Itinerari di sperimentazione in classe. Area scientifica*, Firenze, Le Monnier.

Canevaro, A. (1997), *Programmazione per sfondi integratori*, «La didattica», III, 3.

Celi, F. y Fontana, D. (2003), *Fare ricerca sperimentale a scuola. Una guida per insegnanti e giovani ricercatori*, Trento, Erickson.

Cicogna, P.C. (2002), *Psicologia generale*, Roma, Carocci.

Cogliati Dezza, V., Ghezzi, G. y Magno, F. (Coords.) (2007), *La sfida delle scienze per essere cittadini del XXI secolo. Due giornate di studio dedicate al ruolo e al significato delle scienze e del loro insegnamento* – Bolzano, 16/17 febbraio 2006, Roma, Armando.

Contento, S. (2002), *Il sapere condiviso. Linguaggio e comunicazione*. En P.C. Cicogna (Coords.), *Psicologia generale*, Roma, Carocci.

Dixon-Krauss, L. (Coords.) (2000), *Vygotskij nella classe. Potenziale di sviluppo e mediazione didattica*, Trento, Erickson.

Einstein, A. (1965), *Pensieri degli anni difficili*, Torino, Boringhieri.

Fiorentini, C. (2001), *Quali condizioni per il rinnovamento del curricolo scientifico?* En F. Cambi (Coords.), *L'arcipelago dei saperi. Progettazione curricolare e percorsi didattici nella scuola dell'autonomia*, Firenze, Le Monnier.

Fly Jones, B., Rasmussen, P.M. y Moffit, M.C. (1999), *Didattica per problemi reali. Rendere significativo l'apprendimento*, Trento, Erickson.

Frabboni, F. (2007), *La scuola che verrà*, Trento, Erickson.

Galilei, G. (1964), *Il Saggiatore*. En *Opere*, vol. II, Firenze, Edizione Nazionale.

Gardner, H. (1987), *Formae mentis. Saggio sulla pluralità dell'intelligenza*, Milano, Feltrinelli. (Trad. esp.: *La nueva ciencia de la mente: historia de la revolución cognitiva*. Barcelona: Paidós, 1996).

Gentilini, P., Manildo, G. y Fuso, S. (2007), *Competenza razionale e didattica dei saperi di base*, Milano, FrancoAngeli.

Gordon, T. (1991), *Insegnanti efficaci*, Firenze, Giunti.

Guasti, L. (2006), *Standards e competenze*, «La Vita Scolastica», 3.

Guasti, L. y Lapointe, A. (2006), *Ricerca didattica e sistema educativo americano*, Brescia, Editrice La Scuola.

Hall, A.R. y Boas Hall, M. (1991), *Storia della scienza*, Bologna, Il Mulino.

Invalsi (2007), *Valutare le competenze in scienze, letteratura e matematica*, Roma, Armando.

Ministero della Pubblica Istruzione (2006) *Gli standards per le competenze di base degli*

*adulti*, «Annali dell'Istruzione», voll. 1-2 (numero monografico «Percorsi di innovazione nell'Educazione degli Adulti»).

Lodoli, M. (2006), *Com'era bello il primo ottobre*, «National Geographic», settembre 2006.

Lorenz, K. (1991), *L'altra faccia dello specchio. Per una storia naturale della conoscenza umana*, Milano, Adelphi. (Trad. esp.: *La otra cara del espejo. Ensayo para una historia natural del saber humano*. Barcelona: Plaza y Janés, 1980).

Mayer, R.E. (1998), *Cognitive, metacognitive and motivational aspects of problem solving*, «Instructional Science», 26.

Marchi Trevisi, C. (Coords.) (1998), *Analisi e comparazione dei curricula di scienze sperimentali*, Bologna, I.R.R.S.A.E Emilia Romagna.

Morin, E. (2000), *La testa ben fatta*, Milano, Raffaello Cortina. (Trad. esp.: *La mente bien ordenada: repensar la reforma, reformar el pensamiento*. Barcelona: Seix Barral, 2000).

Morin, E. (2001), *I sette saperi necessari all'educazione del futuro*, Milano, Raffaello Cortina. (Trad. esp.: *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Barcelona: Paidós, 2011).

Newth, E. (1998), *Breve storia della scienza. La ricerca della verità*, Firenze, Salani. (Trad. esp.: *¡Eureka!: la apasionante historia de la ciencia*. Madrid: SM, 1998).

Newton, I. (2006), *Scritti sulla luce e i colori*, Milano, BUR.

Pellerey, M. (1999), *Educare: manuale di pedagogia come scienza pratico-progettuale*, Roma, LAS.

Planck, M. (1956), *Autobiografia*, Torino, Einaudi. (Trad. esp.: *Autobiografía científica y últimos escritos*. Madrid: Nivola, 2000).

Perrenoud, P. (2003), *Costruire competenze a partire dalla scuola*, Roma, Edizioni Anicia. (Trad. esp.: *Construir competencias desde la escuela*. Santiago: J.C. Sáez Editor, 2006).

Pontecorvo, C., Ajello, A.M. y Zuccheromaglio, C. (1991), *Discutendo si impara*, Roma, La Nuova Italia Scientifica.

Popper, K. (1970), *Logica della scoperta scientifica*, Torino, Einaudi. (Trad. esp.: *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos, 2ª ed. 2011.)



Popper, K. (1975), *Conoscenza oggettiva. Un punto di vista evoluzionistico*, Roma, Armando. (Trad. esp.: *Conocimiento objetivo: un enfoque evolucionista*. Madrid: Tecnos, 2ª ed. 2010).

Poppi, A. (1972), *La dottrina della scienza in Giacomo Zabarella*, Padova, Antenore.

Postman, N. y Weingartner, C. (1975), *L'insegnamento come attività sovversiva*, Firenze, La Nuova Italia. (Trad. esp.: *La enseñanza como actividad crítica*. Barcelona: Fontanella, 3ª ed. 1981).

Singer, C. (1961), *Breve storia del pensiero scientifico*, Torino, Einaudi.

Stewart, I. (2003), *Che forma ha un fiocco di neve? Numeri magici in natura*, Torino, Bollati Boringhieri.

Vygotskij, L. (2006), *Psicologia pedagogica. Attenzione, memoria e pensiero*, Trento, Erickson.

Vygotskij, L. (1990), *Pensiero e linguaggio. Ricerche psicologiche*, Roma-Bari, Laterza. (Trad. esp.: *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Paidós, 2010).

Zan, R. (2007), *Difficoltà in matematica*, Milano, Springer.

## Bibliografía comentada

Cicogna, P.C. (2002), *Psicologia generale*, Roma, Carocci.

Este manual introduce a la comprensión de las dinámicas de los procesos cognitivos y de los comportamientos, sobre la base de evidencias científicas, y toma en consideración los temas tradicionales del estudio del comportamiento y de la mente: la percepción, la atención y la consciencia, el aprendizaje, la memoria, el lenguaje, el pensamiento y las emociones. Ámbitos que son constante objeto de investigación experimental. Las asunciones clásicas se han integrado con los datos de la investigación más reciente, que ha introducido en el estudio de los procesos cognitivos nuevos paradigmas experimentales, desarrollados gracias a la evolución tecnológica en el sector de las neurociencias y de la psicofisiología. La lectura de los capítulos resulta bastante ágil incluso para quien no tenga una formación específica en el campo de la psicología o de las neurociencias.

Fly Jones, B., Rasmussen, P.M. y Moffit, M.C. (1999), *Didattica per problemi reali. Rendere significativi gli apprendimenti*, Trento, Erickson.

Interesante texto que expone una metodología innovadora a integrar en los programas académicos y problemas del mundo real, de modo que los alumnos se sientan implicados en las actividades didácticas y responsables en primera persona de su propio aprendizaje. El punto fuerte de esta metodología es la redefinición de los roles: los estudiantes se encuentran planteando preguntas abiertas que, a través de investigaciones activadas *ad hoc*, darán resultados imprevistos, no solo para ellos, sino también para los mismos profesores. Si el problema real planteado a los estudiantes es de amplio alcance e implica más temas y áreas disciplinares, de ello se resulta una invitación natural a la colaboración, no solo entre los chicos, sino también entre docentes.

Gentilini, P., Manildo, G. y Fuso, S. (2007), *Competenza racionale e didattica dei saperi di base*, Milán, Franco Angeli.

El volumen presenta reflexiones teóricas y propuestas operativas para favorecer la construcción de competencias racionales en la óptica de una organización de la enseñanza y del aprendizaje que debería seguir una dirección vertical, tratando de colmar la distancia entre la escuela y el instituto. En el libro se documenta un proyecto de investigación-acción y formación que implicó a docentes y a estudiantes de Liguria, estimulando la colaboración también a través de una plataforma preparada expresamente para ello. El proyecto al que hace referencia, que tiene el significativo título de «Proyecto Educación para la racionalidad, la argumentación y la lógica», ofrece una ocasión para reflexionar sobre la necesidad de superar la anticuada separación entre una cultura llamada “científica” y la llamada “humanística”.

Hall, A.R. y Boas Hall, M. (1991), *Storia della scienza*, Boloña, Il Mulino.

Texto completo y riguroso que repasa cuál ha sido el camino de la ciencia desde sus orígenes más remotos, cuando aún estaba confundida con la magia y el mito, hasta los descubrimientos más recientes del siglo XX, analizando las obras de quienes, con su trabajo, han dejado una huella fundamental en la historia. Es emblemática la frase que da inicio al volumen: «El hombre ha tratado siempre de dominar a la naturaleza; gradualmente, ha ido tratando de comprenderla. Mucho tiempo después aprendió a combinar los dos deseos: fue entonces cuando la ciencia moderna tomó forma». Muchas reflexiones históricas de la parte teórica del volumen *Experimentar* se derivan de la consulta de este texto.

Morin, E. (2000), *La testa ben fatta*, Milán, Raffaello Cortina (Traducción española de M<sup>a</sup> José Buxó Dulce-Montesinos: *La mente bien ordenada: repensar la reforma, reformar el pensamiento*. Barcelona: Seix Barral, 2000).

Morin, E. (2001), *I sette saperi necessari all'educazione del futuro*, Milán, Raffaello Cortina (Traducción española de Mercedes Vallejo-Gómez; con la contribución de Nelson Vallejo-Gómez y Françoise Girard: *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Barcelona: Paidós, 2011).

Son dos textos fundamentales para acercarse y comprender una reforma de la organización de los saberes, dirigida a enfrentarse a problemas que requieren planteamientos multidisciplinares a través de un pensamiento complejo, cuya elaboración ha hecho famoso a Morin a nivel internacional. La lectura de estos volúmenes lleva a la superación de la vieja concepción de educación que se estructura sobre el saber codificado en una disciplina y sobre el aprendizaje de contenidos. El concepto de aprendizaje se entiende no tanto como la capacidad imitativa de reproducir un saber, sino como la capacidad de trabajar a través de conexiones, aplicando los elementos del conocimiento en situaciones distintas y con la atención puesta en las modalidades con las que se aprende. Se proponen siete saberes fundamentales que la educación debería tratar, en cada sociedad y cultura, para enfrentarse más adecuadamente a los desafíos que se presentan y comprender mejor el presente y el futuro de nuestro planeta.

Newth, E. (1998), *Breve storia della scienza. La ricerca della verità*, Florencia, Salani (Traducción española de Kirstin Baggethun y Asunción Lorenzo; asesor científico Juan de Isasa: *¡Eureka!: la apasionante historia de la ciencia*. Madrid: SM, 1998).

El libro se presenta como «un apasionante ensayo a través de la historia de la ciencia para curiosos de todas las edades». Con frescura expositiva y una imaginación vivaz, recorre las etapas fundamentales de la historia de la ciencia y del desarrollo de la investigación científica, desde los filósofos de la antigua Grecia hasta las grandes conquistas de la ciencia del siglo XX. Aunque presente algunas simplificaciones, trata de

hacer entender al lector de modo llano y claro qué es el método científico. El pensamiento que emerge claramente es que en el campo científico no existe ninguna verdad definitiva, sino que habrá siempre nuevas teorías que irán explicando un mayor número de aspectos del universo en el que vivimos: un concepto importante que hay que transmitir en la didáctica de las ciencias. De los ejemplos y de las anécdotas recogidas, además, se pueden recoger algunas ideas nuevas y estimulantes para introducir y enfrentarse a varios temas científicos del currículo escolar.

Newton, I. (2006), *Scritti sulla luce e i colori*, Milán, BUR.

En febrero de 1672 Isaac Newton publica un ensayo revolucionario: *Nueva teoría sobre la luz y los colores*. Es la primera exposición pública de la teoría del color: la luz solar no es, como hasta entonces había transmitido la tradición consolidada: simple, homogénea y pura, sino una mezcla heterogénea de todos los colores del espectro. Una concepción que suscitó inmediatamente unos clamores y unas críticas tales que obligaron a Newton a retirarse de la escena pública durante un largo periodo de tiempo. El editor del libro recorre este camino a lo largo de treinta años, desde su primera publicación hasta su formulación definitiva en *Óptica (Opticks)* en 1704, reconstruyendo la emocionante historia de Newton a través de sus escritos juveniles, que se proponen por primera vez en italiano. Leyendo el texto, se constata cómo la historia de la teoría de Newton sea la historia de una aventura de la inteligencia, plagada de reformulaciones del pensamiento, comprobaciones y cambios, que han llevado a un resultado destinado a cambiar la ciencia futura.

Pellerey, M. (1999), *Educare: manuale di pedagogia come scienza pratico-progettuale*, Roma, LAS.

El autor, muy conocido por sus numerosos libros y contribuciones publicadas en el campo de la educación, tanto escolar como extra-escolar, presenta en este volumen la pedagogía como una ciencia práctica cuyo fin último no es el de crear teorías generales de la educación, sino construir modelos de intervención educativa que se puedan emplear en la práctica educativa inmediata. Para hacerlo, la pedagogía, en primer lugar, revisita y reelabora modelos de intervención que ya han sido propuestos/llevados a cabo, y examina y evalúa los recursos, instrumentos y contextos ya disponibles para proyectar y llevar a cabo una intervención educativa; en segundo lugar, organiza estratégicamente sus conocimientos para identificar una posible propuesta educativa a realizar y elabora un proyecto que está en la base de la intervención educativa que se realizará.

Stewart, I. (2003), *Che forma ha un fiocco di neve? Numeri magici in natura*, Turín, Bollati Boringhieri.

El libro escrito por Ian Stewart, profesor de matemáticas en la Universidad de Warwick, en Inglaterra, está compuesto por tres partes, tituladas, respectivamente: «Principios y

configuraciones», «El mundo matemático», «Simplicidad y complejidad». En el prefacio, el autor explica que este libro es una «compilación estructurada de ideas científicas. En este volumen, el objetivo de Ian Stewart es el de mostrar el esplendor de las matemáticas, evitando los cálculos. También estos últimos «tienen una belleza propia, pero solo para el gusto educado de los especialistas. La belleza de las formas matemáticas, en cambio, puede ser apreciada por cualquiera» y el autor lo demuestra sirviéndose de las formas de la naturaleza. El libro ofrece ideas para todos aquellos que quieren acercar a sus alumnos al estudio de las matemáticas, señalando los vínculos con el mundo real y natural y liberándolas del estereotipo que la define como una disciplina gris, abstracta y aburrida.

## Colección «DIDÁCTICA DE LAS OPERACIONES MENTALES»



### 1. Comprender

¿Qué es?

¿Cómo funciona?



### 3. Evaluar

Cómo aprenden los estudiantes  
el proceso de valoración



### 5. Experimentar

Aplicación del método científico  
a la construcción del conocimiento



### 7. Producir

Una competencia  
cognitiva y social



### 9. Interpretar

De la comprensión previa a la explicación  
de los acontecimientos



### 11. Reflexionar

Un modo mejor  
de pensar

### 2. Crear

Cómo se desarrolla  
una mente creativa



### 4. Describir

Implicaciones psicológicas,  
pedagógicas y sociales



### 6. Juzgar

De la opinión no fundamentada  
al juicio elaborado



### 8. Observar

Los sentidos en la construcción  
del conocimiento



### 10. Formular hipótesis

Para construir el conocimiento

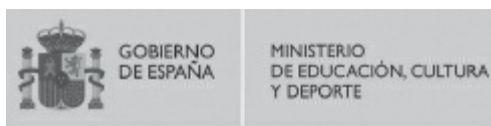


### 12. Comparar

Una nueva lectura  
de la realidad plural







NARCEA, S. A. DE EDICIONES

© de la presente edición:

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE

Secretaría General Técnica

y

© NARCEA, S. A. DE EDICIONES, 2017

Avda. Dr. Federico Rubio y Galí, 9. 28039 Madrid. España

[www.narceaediciones.es](http://www.narceaediciones.es)

Coeditan:

Secretaría General Técnica del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte

Narcea S. A. de Ediciones

Título original de la obra: *Experimentare*

© Edizioni Erickson SRL. Italia

Traducción y adaptación: Sara Alcina Zayas

Revisión de la edición española: Camino Cañón Loyes

NIPO: 030-12-298-8

ISBN papel: 978-84-277-1830-2

ISBN ePdf: 9788427719040

ISBN ePub: 978-84-277-2303-0

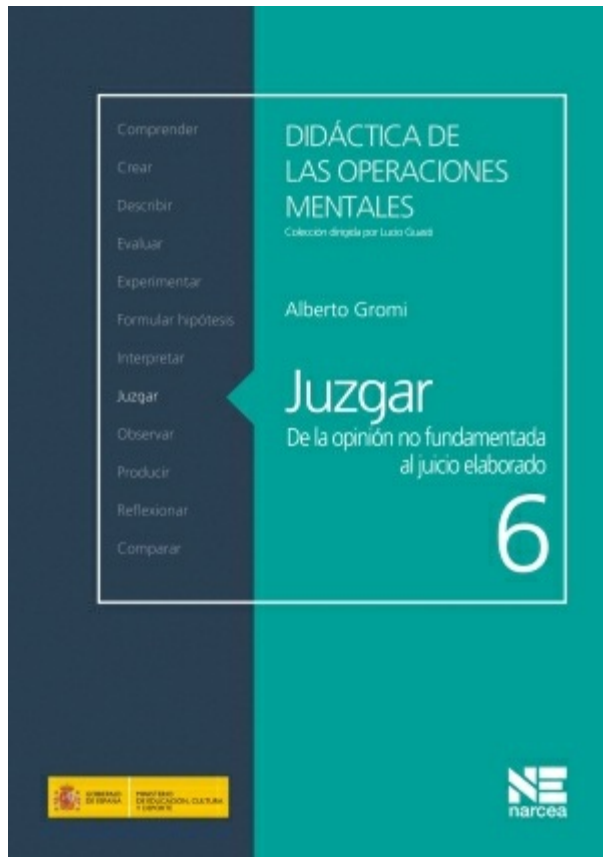


## Todos los derechos reservados

*Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y sgts. Código Penal). El Centro Español de Derechos Reprográficos ([www.cedro.org](http://www.cedro.org)) vela por el respeto de los citados derechos.*

## Sobre enlaces a páginas web

*Este libro puede incluir enlaces a sitios web gestionados por terceros y ajenos a NARCEA, S.A. DE EDICIONES que se incluyen solo con finalidad informativa. Las referencias se proporcionan en el estado en que se encuentren en el momento de la consulta de los autores, sin garantías ni responsabilidad alguna, expresas o implícitas, sobre la información que se proporcione en ellas.*



# Juzgar

Gromi, Alberto

9788427723047

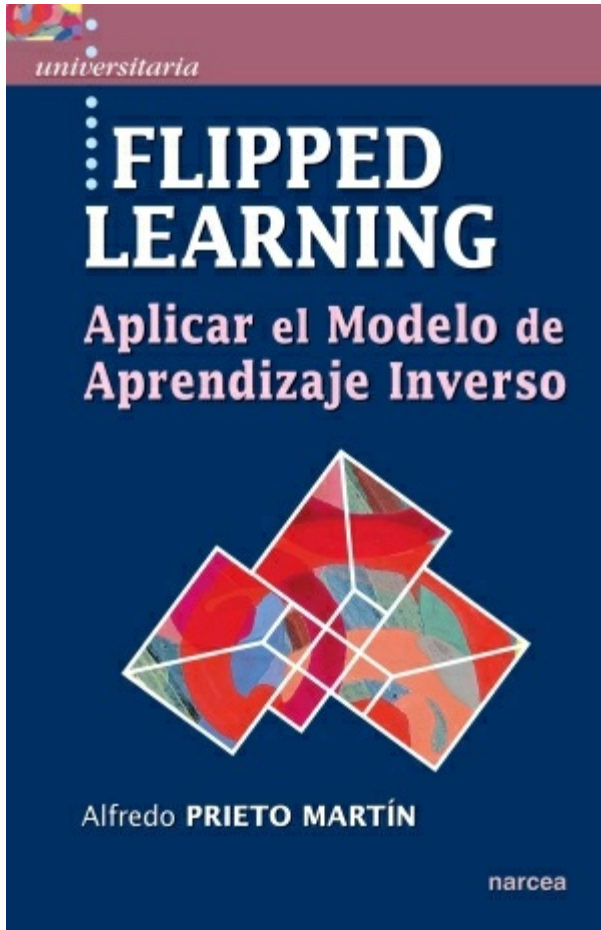
152 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Juzgar constituye un proceso mental complejo, pero ineludible y presente en todos los actos de nuestra vida. El procedimiento metodológico que requiere de la persona, no se estructura como un algoritmo lógico sino como el discurrir de nuestro pensamiento cuando, motivado por sus propias actitudes, pone algo en duda, se maravilla ante situaciones, se plantea problemas o verifica sus propias teorías y convicciones. Todo ello significa que es necesario estimular en cada persona un hábito permanente de indagación que no se detiene en la simple opinión o en planteamientos superficiales y poco fundamentados ante los acontecimientos. Es necesario ir más allá; el juicio se construye a partir de lo más profundo que se ha vivido, implica responsabilidad al actuar y pone en juego toda la personalidad.

En este libro, el autor ofrece a docentes e investigadores, temas y ejemplos estimulantes para desarrollar el pensamiento y el juicio crítico de sus alumnos, introduciendo una nueva didáctica, un nuevo modo de captar su atención y de poner en práctica la operación de juzgar. Partiendo de lo cotidiano y de los contenidos escolares habituales, los alumnos pueden ejercitarse y hacerse la siguiente pregunta: ¿cómo son verdaderamente las cosas, los acontecimientos, lo que nos sucede?, para sacar a continuación sus propias conclusiones y emitir sus propios juicios.

[Cómpralo y empieza a leer](#)



# Flipped learning

Prieto Martín, Alfredo

9788427723481

208 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Aporta al profesorado todos los conocimientos y estrategias que necesita adquirir para llevar a cabo con éxito el modelo de aprendizaje inverso (flipped learning) que tan buenos resultados está dando a miles de profesores de todos los niveles educativos en el mundo. El libro es un manual de ayuda para docentes que quieren empezar a implementar metodologías de aula inversa en sus asignaturas. Aporta conocimientos básicos sobre el modelo de aprendizaje inverso, así como información relevante sobre las distintas metodologías y herramientas tecnológicas que pueden usarse en distintas asignaturas y áreas de conocimiento.

Especialmente útiles son los capítulos en los que se explica cómo implementar las distintas metodologías de fomento del estudio previo (Just-in-Time Teaching, Peer Instruction, Team Based Learning y PEPEOLA) y cómo lograr motivar a los alumnos a realizar el estudio previo mediante técnicas de marketing del modelo y de gamificación. También es de gran utilidad el capítulo sobre cómo analizar las respuestas de los alumnos tras la interacción con los materiales, a fin de conocer cuáles son sus intereses y dificultades reales; en el libro se muestran diversos modos de aprovechar este feedforward procedente de los alumnos para replantear las clases, teniendo en cuenta sus intereses y dificultades, proporcionándoles así el feedback que más necesitan.

Finalmente, el libro presenta también resultados de experiencias de este modelo, llevadas a cabo con éxito en varias asignaturas universitarias de distintos grados.

[Cómpralo y empieza a leer](#)





# Nuevas claves para la Docencia Universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior

Benito, Águeda

9788427722583

144 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

La redefinición de los objetivos de la Educación Superior que supone el proceso de convergencia europea implica grandes novedades en el planteamiento de la enseñanza que viene desarrollándose en las universidades. Este libro de naturaleza práctica e ilustrado permanentemente por ejemplos concretos y recomendaciones sencillas, pretende facilitar el cambio docente necesario para la verdadera construcción del Espacio Europeo de Educación Superior. Los autores comienzan describiendo los elementos fundamentales del nuevo enfoque docente, extendiéndose posteriormente en la descripción de un conjunto de herramientas que pueden hacer posible el cambio. Además de abordar la descripción práctica de los métodos activos de enseñanza-aprendizaje y el seguimiento del alumnado por parte del profesor, este libro dedica sendos módulos a la evaluación y a la utilización de las TICs en la Educación Superior, contemplando, finalmente, algunas recomendaciones para el desarrollo integrado de la actividad docente e investigadora del profesorado universitario.

[Cómpralo y empieza a leer](#)



MERCEDES BLANCHARD y M<sup>a</sup> DOLORES MUZÁS

# LOS PROYECTOS DE APRENDIZAJE

*Un marco metodológico clave  
para la innovación*



narcea

# Los Proyectos de Aprendizaje

Blanchard, Mercedes

9788427722101

208 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

¿Qué se entiende por innovar? ¿Cuáles son los planteamientos educativos concretos a los que deberá responder una institución educativa que quiera ser innovadora? El libro presenta, en primer lugar, una reflexión teórica sobre el sentido, presupuestos y elementos básicos de la innovación educativa. Y, en segundo lugar, los resultados de los procesos llevados a cabo con equipos docentes y comunidades educativas de diferentes niveles.

Responde a la cuestión qué se entiende por innovar y facilita algunas claves que pueden ayudar a reconocer este proceso, cuando se produce con la intencionalidad y la implicación del profesorado. Presenta los grandes marcos teóricos que propician la actuación innovadora en el aula, tales como la enseñanza para la comprensión, las inteligencias múltiples, el pensamiento crítico y creativo y los Proyectos de Aprendizaje, por considerar que estos son los marcos teóricos, idóneos y más ajustados a una innovación real y efectiva. Además, desarrolla todo lo relacionado a los Proyectos de Aprendizaje para la Comprensión: su proceso detallado de planificación, aplicación y evaluación, y sus inmensas posibilidades para involucrar al alumnado de cualquier edad.

La segunda parte de la obra presenta el desarrollo completo y pormenorizado de cuatro Proyectos de Aprendizaje desarrollados en diferentes etapas, desde la educación infantil hasta la educación superior. Los Proyectos funcionan bien en manos de profesionales que se plantean su trabajo en equipo, de manera comprometida, que toman las riendas de su propio desarrollo profesional y que están convencidos de que los alumnos y alumnas son los verdaderos protagonistas de su propio proceso de aprendizaje.

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Elena FRANKLIN

---

# GeMeLos

Orientaciones  
SOBRE SU **Crianza**  
y **Desarrollo**  
**Psicológico**

---

EN LA FAMILIA  
Y EN LA ESCUELA



narcea

# Gemelos. Orientaciones sobre su crianza y desarrollo psicológico

Franklin, Elena

9788427722002

152 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Este libro, escrito en un lenguaje sencillo, asequible y a la vez riguroso, tiene un doble propósito, contribuir al conocimiento teórico sobre aspectos particulares del desarrollo psicológico en gemelos y mellizos y, a la vez, servir de instrumento de ayuda y orientación práctica a los padres, familiares y docentes sobre cómo anticipar, comprender y también resolver y mejorar aspectos específicos durante la crianza, evolución y desarrollo de múltiples.

La obra explica el desarrollo y crianza de gemelos y mellizos desde la concepción hasta la adolescencia, enfatizando sus características psicológicas y afectivo-sociales, combinando los conocimientos científicos del tema con la experiencia de la propia autora quien, además de ser madre de dos parejas de gemelos y abuela de otro par, es psicóloga y experta en este tema. En el último capítulo se narran algunas experiencias difíciles, y cómo afrontarlas, cuando un gemelo sobrevive al otro, para culminar con variados testimonios y vivencias de familias donde se han dado partos de gemelos y mellizos.

Incluye un Glosario que ayudará a los diferentes lectores a la mejor comprensión de la obra.

[Cómpralo y empieza a leer](#)

# Índice

Portadilla	2
Título	3
Índice	6
PRESENTACIÓN, Lucio Guasti	9
• Estructura de la colección «Didáctica de las Operaciones Mentales»	11
• Estructura de cada título	15
PRIMERA PARTE: MODELOS TEÓRICOS	19
PRIMER CAPÍTULO	21
Experimentar en la escuela del tercer milenio	21
• Los referentes epistemológicos	21
• Breve resumen histórico acerca del método científico	22
• Referencias introductorias a la didáctica de la experimentación	32
• El modelo, la organización y la evaluación del trabajo científico en el aula	36
• La construcción de redes	46
• Hacia un nuevo perfil de docente	49
SEGUNDA PARTE: MODELOS OPERATIVOS //	
APLICACIONES PRÁCTICAS	52
SEGUNDO CAPÍTULO	54
Algunas consideraciones antes de desarrollar las aplicaciones prácticas	54
TERCER CAPÍTULO	58
Los glaciares. Factores modeladores del territorio e importantes indicadores de las variaciones ambientales	58
• Premisa	58
• Descripción y fases de trabajo	60
– Fase 1: Activar la motivación	60
– Fase 2: Constatar cuáles son los conocimientos disciplinares y las representaciones mentales	62
– Fase 3: Construcción de saberes de base en torno a uno de los ejes que sustenta el proyecto. El estudio de las rocas	63
– Fase 4: El entorno como un laboratorio al aire libre. Geología y geomorfología	64
– Fase 5: Construcción de conocimientos disciplinares específicos. El hielo y los glaciares	65

– Fase 6: Encuentro con un testimonio científico. El glaciólogo	70
– Fase 7: El entorno como un laboratorio al aire libre. El glaciar	71
– Fase 8: Juegos de rol	72
– Fase 9: Constatar los cambios producidos en los conocimientos disciplinarios, representaciones mentales y comportamientos	73
CUARTO CAPÍTULO	75
Geométricamente	75
• Premisa	75
• Descripción y fases de trabajo	76
– Fase 1: Observemos los objetos que nos rodean	76
– Fase 2: Construyamos	77
– Fase 3: Comparemos	78
– Fase 4: Vivamos una experiencia	79
– Fase 5: Experimentemos y formalicemos	80
• Consideraciones metodológicas	81
QUINTO CAPÍTULO	84
Arte prehistórico. Un ejemplo de arqueología imitativa: Las pinturas rupestres de Riparo Dalmeri	84
• Premisa	84
• Descripción y fases de trabajo	86
– Fase 1: Activar la motivación	86
– Fase 2: Constatar cuáles son los conocimientos disciplinarios y las representaciones mentales	86
– Fase 3: Construir saberes de base que constituyen los ejes sobre los que se sustenta el proyecto. Prehistoria, paleolítico, ambiente del pasado	86
– Fase 4: Encuentro con un testimonio científico. El arqueólogo	87
– Fase 5: Juego didáctico	88
– Fase 6: Juego de simulación	88
– Fase 7: Laboratorio	89
• Ejemplo de realización de este Proyecto en un Bachillerato Artístico Fases de trabajo	91
– Fase preparatoria	92
– Fase 1: Construcción de los conceptos clave sobre los que se sustenta el proyecto. Prehistoria, paleolítico, ambiente del pasado, investigaciones arqueológicas	92
– Fase 2: Encuentro con un testimonio científico. El arqueólogo	94
– Fase 3: Laboratorio	95

BIBLIOGRAFÍA	102
BIBLIOGRAFÍA COMENTADA	106
Página de créditos	112